

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**ADAPTABILIDADE AO CALOR DE VACAS DA RAÇA GIROLANDO, EM
DUAS ESTAÇÕES DO ANO**

IVALDA DE ALBUQUERQUE LIMA

**RECIFE - PE
JULHO – 2011**

IVALDA DE ALBUQUEQUE LIMA

**ADAPTABILIDADE AO CALOR DE VACAS DA RAÇA
GIROLANDO, EM DUAS ESTAÇÕES DO ANO**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, Subunidade Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Marcilio de Azevedo

Co-orientadores: Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira

Prof^a Dr^a Adriana Guim

**RECIFE - PE
JULHO - 2011**

Ficha catalográfica

L 732a Lima, Ivalda de Albuquerque
Adaptabilidade ao calor de vacas da raça Girolando,
em duas estações do ano / Ivalda de Albuquerque Lima. –
2011.

115 f.: il.

Orientador: Marcílio de Azevedo.

Tese (Doutorado em Zootecnia) – Departamento de
Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Recife, 2011.

Referências.

1. Bovinos leiteiros
 2. Estresse pelo calor
 3. Fisiologia
 4. Conforto térmico
- I. Azevedo, Marcílio de, orientador
II. Título

CDD 636.2142

IVALDA DE ALBUQUERQUE LIMA

**ADAPTABILIDADE AO CALOR DE VACAS DA RAÇA GIROLANDO, EM
DUAS ESTAÇÕES DO ANO**

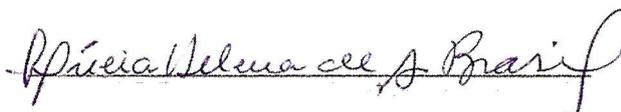
Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora, em 13 de julho de 2011.
Comissão Examinadora:



Prof. Dr. José Maurício Souza Campos
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Unidade Acadêmica de Garanhuns



Prof. Dr. Edilson Paes Saraiva
Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Agrárias



Profª Drª. Lucia Helena de Albuquerque Brasil
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia



Prof. Dr. Héilton Pandorfi
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Tecnologia Rural



Prof. Dr. Marcilio de Azevedo
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia
Presidente

**RECIFE - PE
JULHO, 2011**

*“O conhecimento ilustra,
mas a experiência assimilada traz a sabedoria;
quem estuda pensa que sabe;
quem experimenta descobre quanto ainda precisa aprender...
os problemas, os desafios em nossa vida
aparecem pela necessidade que temos de aprender e evoluir.”
(autor desconhecido)*

A meus pais: Osvaldo e Gilza, pela vida e exemplos de luta e garra;

A meus irmãos: Genivaldo, Paulo e Gilza Helena; a minha cunhada, Gleide;

Aos meus sobrinhos: Rodolfo, Paulo Victor, Guilherme, Débora, Luan, Júlia e Davi;

A toda minha família, da qual tenho muito orgulho de fazer parte.

OFEREÇO.

A minha MãE, pelo amor e apoio incondicional;

A minha irmã, amiga e companheira dos meus sonhos;

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, condutor absoluto dos meus passos, pela graça da vida.

Ao Prof. Marcilio de Azevedo, pela orientação segura e confiança em mim depositada.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – Campus Vitória de Santo Antão, pela liberação que facilitou a minha aprendizagem.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização deste Curso.

Ao Prof. Marcelo de Andrade Ferreira, pelos ensinamentos e orientações constantes.

À Prof^ª. Adriana Guim, pela disponibilidade, sugestões e ensinamentos.

Aos Professores do Departamento de Zootecnia, pelos ensinamentos que tanto contribuíram para a minha formação.

Ao grupo Avimalta, na pessoa do Sr. Cristiano Malta, pela permissão de usar a propriedade para a condução da pesquisa.

A todos os funcionários da Avimalta, especialmente Orlando, pela receptividade e contribuição na realização do experimento.

Aos professores Ângela Quintão (UFMG) e Paulo Roberto Cecon, pela grande ajuda na realização das análises estatísticas.

Aos professores Lúcia Brasil, Orlando Rus, Francisco Carvalho e Airon Melo, pela disponibilidade para participar da banca de qualificação.

Aos membros da Banca Examinadora, Prof. José Maurício Souza, Prof. Edilson Paes, Prof. Héilton Pandorfi e Prof^ª Lúcia Brasil, pela valiosa contribuição neste trabalho.

À minha irmã, Gilza Helena, pela dedicação incondicional.

Ao colega e grande amigo Guilherme Lira, exemplo de profissional, pela amizade e ajuda nos momentos mais “críticos”.

Aos colegas e amigos, Luciana Neves, Gledson Almeida, Josimar e Cristhiano Borges, pela disponibilidade e ajuda inestimável.

À amiga Dalva Araújo, por todo carinho, apoio e aplicações de Reiki nos dias de apresentações e avaliações.

À minha amiga Lúcia Monteiro, por estar sempre presente em todos os momentos, especialmente nas horas de descontração.

Ao meu primo João Paulo e a Rogério (Movimento), pela grande colaboração no “tratamento” das fotos e figuras.

À amiga Socorro Silva, pelo incentivo e inestimável ajuda nos abstracts.

Aos amigos Patrícia Lyra e Cristiano Voll, por estarem sempre disponíveis para colaborar.

Aos meus amigos queridos, Eduardo, Edmilson, Jane (prima), Alcineide, Carmen Valéria, Salete, Josenildo, Karine, João Pereira, Rosângela Ferreira, Agrício, pela amizade e motivação constantes, que tornaram esta jornada mais fácil.

Aos colegas do IFPE – Campus Vitória de Santo Antão – PE, pelo estímulo e apoio.

A todos os colegas da Pós-Graduação, pelo companheirismo e incentivos.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram na concretização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

	Página
Lista de Tabelas	xi
Lista de Figuras	xiii
Resumo Geral	xv
Abstract	xvii
Considerações Iniciais.....	1
Capítulo I - Adaptabilidade ao calor de vacas da raça Girolando, em duas estações do ano	4
1- Bem-estar e adaptação	5
2- Fatores ambientais e termorregulação	5
2.1- Fatores climáticos	6
3 - Estresse térmico	8
3.1 - Zona de termoneutralidade.....	8
3.2 - Mecanismos de dissipação de calor	9
4 - Índices de conforto térmico.....	11
4.1 - Índice de temperatura e umidade (ITU).....	11
4.2 - Temperatura de globo negro (Tgn).....	12
4.3 - Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU).....	13
4.4 - Carga térmica radiante (CTR)	14
5 - Efeitos do estresse térmico sobre parâmetros fisiológicos.....	15
5.1 - Efeitos sobre a temperatura retal e frequência respiratória	15
5.2 - Temperaturas da epiderme e da superfície do pelame	16
5.3 - Efeitos na taxa de sudção.....	17
Referências Bibliográficas	19
Capítulo II - Termorregulação de vacas da raça Girolando, confinadas, durante o período de verão	25
Resumo	26

LISTA DE TABELAS

Capítulo II

	Página
Tabela 1. Valores médios e variação dos elementos climáticos e índices de conforto térmico registrados nos dias e horários de avaliação dos parâmetros fisiológicos durante o verão	35
Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis meteorológicas e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Girolando durante o verão	37
Tabela 3. Valores médios e desvios padrão dos parâmetros fisiológicos de vacas da raça Girolando durante o verão	38

Capítulo III

	Página
Tabela 1. Valores médios e variação dos elementos climáticos e índices de conforto térmico registrados nos dias e horários de avaliação dos parâmetros fisiológicos no período de inverno.....	59
Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis meteorológicas e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Girolando no período de inverno.....	62
Tabela 3. Valores médios e desvios padrão dos parâmetros fisiológicos de vacas da raça Girolando no período de inverno	63

Capítulo IV

	Página
Tabela 1. Valores médios e variação dos elementos climáticos e índices de conforto térmico registrados nos dias e horários de avaliação dos parâmetros fisiológicos, pela manhã e à tarde, durante o período experimental	82
Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis climáticas, índices de conforto térmico e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Girolando	85

LISTA DE FIGURAS

Capítulo II

	Página
Figura 1. Confinamento a céu aberto utilizado no experimento	31
Figura 2. Sombreamento natural na área do confinamento	31
Figura 3. Estação meteorológica utilizada no experimento	32
Figura 4. Mudança de coloração dos discos de papel azul (1) para rosa claro (2) na avaliação da taxa de sudação	33
Figura 5. Aferição das temperaturas da epiderme e de superfície do pelame com termômetro infravermelho digital	34
Figura 6. Variação do índice de temperatura e umidade (ITU) durante o período experimental.....	36
Figura 7. Variação da taxa de sudação (Tsud) de vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 HG durante o período experimental.....	40

Capítulo III

	Página
Figura 1. Vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 H/G sob pastejo	56
Figura 2. Instalação para alimentação suplementar dos animais.....	56
Figura 3. Variação do índice de temperatura e umidade (ITU) e do índice de temperatura globo negro e umidade (ITGU) no período experimental	61
Figura 4. Variação da temperatura do ar (Ta) e da temperatura de globo negro (Tgn) no período experimental.....	61
Figura 5. Efeito da umidade relativa (UR) sobre a taxa de sudação (Tsud) em vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 HG	64
Figura 6. Frequência respiratória (FR) de vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 HG em função dos dias experimentais	66

Capítulo IV

	Página
Figura 1. Variação do índice de temperatura e umidade (ITU) nos dias de coleta dos dados durante as dez semanas experimentais	83
Figura 2. Variação do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) nos dias de coleta dos dados durante as dez semanas experimentais	84
Figura 3. Temperatura retal (TR) de vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 HG em função do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU)	86
Figura 4. Frequência respiratória (FR) de vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 HG em função do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU)	88
Figura 5. Frequência respiratória (FR) de vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 HG em função do índice de temperatura e umidade (ITU)	90

ADAPTABILIDADE AO CALOR DE VACAS DA RAÇA GIROLANDO, EM DUAS ESTAÇÕES DO ANO

RESUMO GERAL – Dois experimentos foram conduzidos no município de Paudalho, Zona da Mata de Pernambuco, nos períodos de verão e de inverno, com o objetivo de avaliar as respostas fisiológicas de termorregulação de vacas leiteiras de três grupos genéticos da raça Girolando: 1/2, 5/8 e 3/4 Holandês-Gir (HG) e comparar os grupos genéticos com relação à adaptabilidade ao calor. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, estruturado em parcelas subdivididas, grupo genético x dias de registro dos dados, com grupo genético na parcela principal, com cinco repetições. Em cada experimento foram utilizados 15 animais, sendo cinco vacas de cada grupo genético. Os parâmetros fisiológicos, taxa de sudação (Tsud), frequência respiratória (FR), temperatura da epiderme (TE) e temperatura da superfície do pelame (TSP) foram avaliados uma vez por semana, no turno da tarde, durante 09 semanas no verão e 10 semanas no período de inverno. A estimativa dos níveis críticos dos índices de conforto térmico foi baseada nos parâmetros temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR) obtidos dos animais no período de inverno, duas vezes na semana, nos turnos da manhã e da tarde. No verão, o grupo de animais foi mantido em confinamento, enquanto no período de inverno permaneceram em pastagem de capim tifton. O ambiente foi monitorado continuamente, nas duas estações, por uma estação meteorológica automática e os dados das variáveis ambientais registrados foram usados para determinação dos índices de conforto. Foram verificadas correlações significativas entre as variáveis ambientais e índices de conforto com a taxa de sudação e demais parâmetros fisiológicos, nos dois experimentos. No período de verão, os animais 1/2 HG apresentaram Tsud mais alta e FR, TE e TSP mais baixas dos três grupos genéticos, enquanto nas vacas 3/4 HG foram verificadas as médias mais baixas de Tsud e mais altas de TE e TSP. As vacas 5/8 HG ficaram em posição intermediária para os valores de Tsud, TE e TSP. A média da FR dos animais 5/8 e 3/4 HG não diferenciaram entre si. No inverno, as vacas 1/2 HG apresentaram maior Tsud e menor FR, enquanto nas vacas 3/4 HG a FR foi a mais elevada e a Tsud a mais baixa dos três grupos genéticos. Para os animais 5/8 HG, as médias de Tsud e FR ficaram em posição intermediária. A TE foi menor para o grupo 1/2 HG, não diferindo entre os animais 5/8 e 3/4 H/G e a

TSP não diferiu entre os três grupos genéticos. Os valores críticos de ITGU para vacas 1/2, 5/8 e 3/4 HG estimados com base na TR são respectivamente, 84,7; 83,5 e 83,1. Baseando-se na FR, estimou-se valor crítico de ITGU igual a 86 para os animais 3/4 HG e de ITU iguais a 78,1 e 78,3 para os grupos genéticos 5/8 e 3/4 HG, respectivamente. Concluiu-se que as vacas do grupo genético 1/2 HG demonstram mais tolerância ao calor quando comparadas aos animais dos grupos genéticos 5/8 e 3/4 HG.

Palavras-chaves: bovinos leiteiros, estresse pelo calor, fisiologia

HEAT TOLERANCE OF CROSSBREED COWS IN TWO SEASONS

GENERAL ABSTRACT - Two experiments were conducted in the city of Paudalho, Zona da Mata of Pernambuco, in the summer and the winter season in order to evaluate the physiological thermoregulation of dairy cows from three genetic groups Girolando: 1/2, 5/8 and 3/4 Holstein / Gir (HG) and compare genetic groups which have greater adaptability to heat. The animals were distributed in a completely randomized split plot with five repetitions (genetic group x days of data collection). In each experiment used 15 animals with five cows from each breed group. Physiological parameters, sweating rate (SR), respiratory rate (RR), skin temperature (ST) and hair coat surface temperature (HST) were evaluated once a week in the afternoon during 09 weeks in the summer and 10 weeks during the winter. The estimation of critical levels of thermal comfort index was based on rectal temperature (RT) and respiratory rate (RR) obtained from animals during the winter, twice a week, at morning and afternoon. In summer, the group of animals was kept in confinement, while in the winter were subjected to grazing on pasture grass tifton. The atmosphere was monitored continuously, in both periods, using automatic weather station data and environmental variables recorded were used to determine the level of comfort. There were significant correlations between environmental variables and indices of comfort with the rate of sweating and other physiological parameters in both experiments. During the summer, animals 1/2 HG showed higher SR and lowest RR, ST and HST of the three genetic groups, while 3/4 HG cows were found the lowest grades of SR and higher ST and HST. For 5/8 HG cows fell in the intermediate to the values of SR, ST and HST. The mean respiratory rate 5/8 and 3/4 HG did not differ. In the winter period, the 1/2 HG dairy cows showed the higher SR and the lower RR, while in 3/4 HG cows the RR was the highest and the lowest SR of the three genetic groups. For 5/8 cows the SR and RR were intermediate. The ST was lower for 1/2 HG cows did not differ between 5/8 and 3/4 HG animals. The HST did not differ among the three genetic groups. Based on RT the estimated upper critical levels of WBGT for 1/2, 5/8 and 3/4 HG dairy cows were 84.7, 83.5 and 83.1, respectively. Based on the RR was estimated critical value of WBGT of 86 for animals 3/4 HG and THI (Temperature-humidity Index) equal to 78.1 and 78.3 for the genetic

group 5/8 and 3/4 HG, respectively. It was concluded that 1/2 HG dairy cows display great heat tolerance than 5/8 and 3/4 HG cows.

Key Words: dairy cattle, heat stress, physiology

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Com a chegada do novo milênio, a produção de leite no Brasil vem enfrentando grandes transformações diante da realidade econômica mundial, que visa ao aumento da produtividade pelo emprego de modernas tecnologias, mas, ao mesmo tempo, tem se norteado nos princípios da sustentabilidade na produção. Para uma produção sustentável, o bem-estar animal torna-se de fundamental importância para que os sistemas de produção leiteira sejam viáveis, tanto técnica quanto economicamente.

Os novos modelos de pecuária leiteira baseados nos princípios da sustentabilidade têm procurado avaliar se o animal encontra-se em ambiente ótimo ou estressante, que é importante para a eficiência tanto fisiológica quanto econômica da exploração. A diminuição na produção de leite e os baixos índices reprodutivos de vacas leiteiras, durante o período quente do ano, são apontados em diversas pesquisas como os grandes entraves enfrentados pelos produtores, principalmente das regiões tropicais. No Brasil, a situação é preocupante já que aproximadamente dois terços de seu território encontram-se na faixa tropical do planeta, que, dentre outros fatores, se caracteriza pela elevada temperatura ambiente decorrente da intensa radiação solar, sendo que estes fatores tornam-se mais importantes se o ambiente for úmido, pois níveis elevados de pressão de vapor do ar dificultam a termólise evaporativa, resultando em estresse por calor.

A vaca leiteira, como um animal homeotérmico, é capaz de manter relativamente constante sua temperatura corporal, mesmo com as oscilações da temperatura ambiental, sendo essa capacidade vital para a manutenção dos processos fisiológicos e reações bioquímicas associadas ao metabolismo normal. Entretanto, quando a temperatura efetiva encontra-se acima da zona considerada de conforto térmico para a espécie, ocorre redução gradativa na eficiência dos processos responsáveis pela perda de calor corporal, com consequente aumento da frequência respiratória, da sudorese e da temperatura corporal. Os bovinos respondem aos estressores climáticos dependendo do genótipo e da intensidade e duração do agente adverso. Em algumas situações, a magnitude do estresse térmico é de tal intensidade que pode afetar a capacidade de crescimento, de produção e reprodução dos animais.

Para que o animal possa se adaptar à situação adversa e manter sua homeostase, normalmente verificam-se alterações nas respostas neuroendócrinas e fisiológicas. O conhecimento da relação animal-ambiente serve como base para a adoção de técnicas que melhorem a eficiência dos rebanhos leiteiros, sem, contudo, prejudicar o bem-estar dos animais.

A intensificação da produtividade dos sistemas de produção de leite nas regiões tropicais tem sido obtida pela introdução de raças especializadas originárias de regiões de clima temperado. Entretanto, o desempenho produtivo dessas raças, em geral, fica aquém daquele de seu país de origem. Uma estratégia que tem sido bastante utilizada é o uso de cruzamentos de bovinos zebuínos com raças leiteiras especializadas de origem europeia. A maior resistência ao calor dos bovinos de origem indiana é atribuída, principalmente, à menor taxa metabólica basal, a uma maior capacidade de sudação, além de produção de leite inferior às raças especializadas de origem europeia.

No Brasil, essa alternativa também tem sido muito usada, especialmente o cruzamento entre as raças Holandês e Gir, que tem por finalidade aproveitar ao máximo o potencial genético das raças envolvidas. A partir da intensificação desses cruzamentos surgiu a raça Girolando, produto do acasalamento das raças Holandês e Gir, que apresenta qualidades imprescindíveis para a produção de leite nos trópicos. Na atualidade, parte do rebanho leiteiro brasileiro é composta por animais da raça Girolando, com seus diversos graus de sangue ou o puro sintético 5/8 Holandês/Gir, contribuindo com uma parcela significativa do leite produzido no País. Esses animais apresentam geralmente boa adaptabilidade ao ambiente tropical. Entretanto, as diferenças na composição genética entre os diversos grupos que compõem a raça Girolando podem resultar em respostas diferentes ao estresse pelo calor, especialmente para os grupos genéticos com composição genética mais próxima da espécie *Bos taurus*.

Para caracterizar o conforto e o bem-estar animal, podem ser utilizados diversos indicadores. Dentre eles pode-se destacar a observação criteriosa das respostas termorreguladoras dos animais ao estresse pelo calor, podendo ser empregados na avaliação do ambiente os índices de conforto térmico que descrevem com mais precisão os efeitos ambientais sobre a capacidade dos animais em dissipar calor, indicando o estresse a que estão submetidos. No entanto, os índices de conforto mais utilizados foram obtidos e testados em regiões de clima temperado, por meio de observações de

respostas fisiológicas de bovinos da espécie *Bos taurus*. Dessa forma, os valores críticos superiores sugeridos para estes índices merecem cautela quando empregados para vacas leiteiras criadas e adaptadas em condições tropicais, sendo necessário, portanto, que sejam intensificadas as pesquisas para que se possam conhecer os padrões de respostas termorreguladoras dos diferentes grupos genéticos que compõem a raça Girolando, estabelecendo níveis críticos superiores de índices que sejam realmente representativos do conforto térmico desses animais.

O presente trabalho está estruturado em quatro capítulos. O capítulo I apresenta a fundamentação teórica sobre os efeitos do estresse pelo calor nas respostas fisiológicas de vacas mestiças e acerca dos principais índices de conforto térmico utilizados para monitorar o impacto das condições do ambiente térmico sobre o conforto ou desconforto dos animais.

Nos capítulos II e III constam as respostas fisiológicas ao estresse pelo calor de vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 Holandês-Gir, no período de verão, sob confinamento, e no inverno, em sistema de criação a pasto, respectivamente.

O capítulo IV apresenta a estimativa dos níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade (ITU) e do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) para vacas 1/2, 5/8 e 3/4 Holandês-Gir.

CAPÍTULO I

(Fundamentação Teórica)

**Adaptabilidade ao calor de vacas da raça Girolando, em duas estações
do ano**

1- Bem-estar e adaptação

A harmonia entre o animal e o ambiente em que está inserido, que se reflete em qualidade de vida e boas condições tanto físicas como fisiológicas desse indivíduo, define bem-estar. O bem-estar de um indivíduo é seu estado em relação às suas tentativas de adaptar-se ao seu ambiente (Broom, 1986), envolvendo diversos elementos como saúde física e mental, competência imunológica, longevidade, dentre outros. Quando o organismo não suporta ou apresenta dificuldade de adaptação ao ambiente em que se encontra, pode-se falar em comprometimento do seu bem-estar (Broom, 1991).

O bem-estar animal pode ser aferido por métodos científicos, utilizando-se indicadores fisiológicos e comportamentais. As medidas fisiológicas são baseadas em avaliações do estresse animal, ou seja, à medida que o estresse aumenta o bem-estar diminui, sendo realizadas mediante mensurações de parâmetros fisiológicos como frequências respiratória e cardíaca, respostas hormonais e imunológicas. Os indicadores comportamentais avaliam principalmente a ocorrência de comportamentos anormais, pela mensuração do grau de supressão do comportamento normal (Broom & Molento, 2004).

Segundo Silva (2000), do ponto de vista biológico, a adaptação pode ser definida como a associação entre características anatômicas, morfológicas, bioquímicas, fisiológicas e comportamentais visando promover o bem-estar e facilitar a sobrevivência animal em determinado ambiente. Para Gressler et al. (2004), a adaptação promove ajustes num organismo de acordo com determinada condição. Esses ajustes podem ocorrer em nível genético favorecendo toda uma população, ou apenas fenotipicamente, de modo a favorecer apenas um indivíduo.

2- Fatores ambientais e termorregulação

O ambiente no qual vivem os animais é formado por fatores intrinsecamente interrelacionados, que dependendo da situação podem ser favoráveis ou desfavoráveis a sua sobrevivência e ao desempenho produtivo e, principalmente, reprodutivo (Baccari Jr., 2001). De acordo com Costa e Silva (2003), o ambiente são todos os fatores não genéticos que de alguma forma podem afetar a capacidade, o comportamento e até

mesmo a evolução de um ser vivo. Sendo composto de fatores físicos, químicos, biológicos, climáticos e sociais, podendo interferir no desempenho e no comportamento animal (Silva, 2000; Costa e Silva, 2003). Assim, o ambiente e o animal fazem parte de um sistema em interação constante, agindo um sobre o outro.

Os elementos temperatura, radiação solar, umidade relativa e fluxo do ar compõem o ambiente térmico e podem ser reunidos numa única variável, a temperatura efetiva (Baêta & Souza, 2010). Essas variáveis climáticas estão em constante variação, tanto no tempo como no espaço, tornando o ambiente térmico complexo. Existe interação dessas variáveis entre si e com as diferentes características do organismo animal, sendo que qualquer alteração das variáveis ambientais pode provocar modificações tanto fisiológicas como comportamentais, em resposta à necessidade de manutenção do equilíbrio térmico (Finch, 1984). É provável que essa capacidade, para regular a temperatura corporal, seja uma adaptação evolucionária que possibilitou aos animais homeotérmicos a sobrevivência e a manutenção de suas funções produtivas, mesmo com todas as variações térmicas as quais estão expostos no ambiente em que vivem (Baker, 1989).

A manutenção da temperatura corporal constante se dá pelo equilíbrio entre o calor gerado no organismo animal e ganho do ambiente, com o calor dissipado para o mesmo ambiente. Assim, os bovinos, como animais homeotérmicos, são capazes, dentro de certos limites, de manter relativamente constante sua temperatura interna frente às flutuações da temperatura ambiente. A hipertermia ocorre quando o animal acumula calor excessivo, seja ganho de seu próprio metabolismo e/ou do ambiente em que se encontra e não consegue dissipar esse calor adequadamente (Yousef, 1985). Para Garcia-Isperto et al. (2006), os processos que o organismo utiliza para manter a homeotermia são responsáveis por afetar de forma negativa o desempenho dos bovinos, quando criados em ambientes com temperatura adversa.

2.1 - Fatores climáticos

Os principais estressores climáticos envolvidos na diminuição na produção leiteira e no comprometimento do bem-estar de vacas leiteiras são representados pela

temperatura do ar elevada, principalmente quando associada à radiação solar direta e alta umidade do ar.

A temperatura do ar é um dos elementos climáticos de grande importância na avaliação do estresse térmico a que os animais estão sendo submetidos, pois promovem alterações tanto fisiológicas como comportamentais. No entanto, apesar de frequentemente ser considerado o mais importante elemento meteorológico isolado, para várias espécies de animais seus efeitos estão ligados e dependentes do nível de umidade do ar (Silva, 2000; Pereira, 2005).

Umidade relativa é definida como a razão entre a quantidade de vapor de água presente numa parcela de ar com a quantidade máxima de vapor de água que o ar pode conter a uma determinada temperatura. Para os organismos que dependem dos processos evaporativos para efetuar termorregulação, a umidade do ar passa a ter papel fundamental. Em ambiente quente e muito seco a evaporação ocorre rapidamente, mas em ambiente quente e úmido, a evaporação se processa lentamente, reduzindo a termólise e aumentando o estresse térmico (Silva, 2000).

Segundo Baccari Jr. (2001), os efeitos da temperatura do ar são mais intensos quando a temperatura média do dia é mais alta do que quando ocorrem valores elevados apenas algumas horas durante o dia, diminuindo durante a noite, especialmente se permanecerem dentro da zona de termoneutralidade. Durante o dia, a maior parte do ganho de calor oriundo do ambiente é proveniente direta e indiretamente da radiação solar, sendo consideravelmente maior nas regiões tropicais do que nas temperadas (Silva et al., 2007). De acordo com Baccari Jr. (2001), a radiação solar direta, principalmente quando intensa, no verão, impõe uma carga de calor radiante sobre os animais, constituindo-se num importante elemento climático que contribui para aumentar o estresse pelo calor.

A velocidade do vento está associada de forma direta ao grau de conforto térmico dos animais em virtude de ser fundamental para a determinação das trocas térmicas por convecção e evaporação. A termólise evaporativa é favorecida quando a velocidade do ar aumenta sobre a pele, sendo maior quando a pele está úmida (McDowell, 1975; Silva, 2000). Os efeitos evaporativos e convectivos na perda de calor não são facilmente separáveis, sendo, portanto, a velocidade do ar um fator importante no processo de transferência evaporativa (Kadzere et al., 2002). Em condição de clima

quente, Hahn (1985) sugere velocidade do ar de 2,2 m/s como ótima para uma melhor produção de leite. Segundo McDowell (1975), a faixa entre 1,3 a 1,9 m/s é considerada como ideal para a maioria dos animais domésticos.

3 - Estresse térmico

Selye (1936) definiu estresse como o estado em que um organismo se apresenta após a agressão de agentes de natureza variada, respondendo com diversas reações não específicas de adaptação. O somatório dos mecanismos de defesa que leva o organismo a responder com mudanças comportamentais, imunológicas e fisiológicas, frente a um estímulo gerado por um estressor, é outra definição de estresse citada por Baccari Jr. (2001). O estresse climático é provocado pela combinação dos diferentes elementos climáticos, destacando-se a temperatura, a radiação solar, a umidade relativa e a velocidade do ar, que atuam sobre os bovinos de modo a afetar o crescimento e, especialmente, a reprodução e a produção de leite. Quando ocorre o estresse térmico, a carga calórica do animal é maior que sua capacidade de dissipação de calor (West, 2002).

Segundo Yousef (1985), as respostas do animal frente aos estressores climáticos irão depender da intensidade e duração do agente estressor, mas, principalmente, do seu genótipo. Nesse sentido, a utilização de vacas mestiças, especialmente Holandês-Zebu, na produção leiteira mostra-se como excelente alternativa para as regiões tropicais, pois existem diferenças genéticas na termotolerância das raças de bovinos, sendo as raças da espécie *Bos indicus* mais adaptadas a climas quentes que as raças de origem europeia (Hansen, 2004). O autor sugere que talvez durante sua evolução a espécie *Bos indicus* tenha adquirido genes que lhe confere termotolerância, tanto em nível fisiológico como celular, já que os animais zebuínos, em geral, são mais hábeis para regular a temperatura corporal em resposta ao estresse pelo calor.

3.1 - Zona de termoneutralidade

Os bovinos, dependendo da raça, do estágio fisiológico em que se encontrem, do nível de produção e da alimentação que recebem, têm uma faixa de temperatura

ambiente na qual não sofrerão estresse térmico, seja por frio ou por calor, pois se encontram em conforto térmico. Essa faixa de temperatura é denominada zona de termoneutralidade. Dentro da zona de conforto térmico, a vaca leiteira não utiliza o sistema de termorregulação para fazer termólise ou termogênese; assim, o gasto de energia para manutenção será bem menor, tornando a produção mais eficiente (Baccari Jr., 2001). Entretanto, quando o animal está sob ambiente adverso e a temperatura ambiente ultrapassa os valores que são considerados críticos, o organismo irá reagir com alterações fisiológicas e comportamentais para manter a homeostase (Titto, 1998).

Existe grande variação na literatura sobre a zona termoneutra para bovinos e, de acordo com Titto (1998), essas diferenças ocorrem porque a zona de conforto térmico pode sofrer influência de outras variáveis, como a umidade relativa do ar, nível metabólico e capacidade de adaptação dos animais a situações climáticas específicas. A zona termoneutra para bovinos é limitada pela temperatura crítica inferior (TCI) e crítica superior (TCS); acima da TCS, a vaca entra em estresse pelo calor, e abaixo da TCI, em estresse pelo frio.

Baêta & Souza (2010) citam uma faixa de temperatura de conforto térmico para bovinos europeus entre -1°C e 16°C , e para animais de origem zebuína entre 10°C e 27°C . Nããs (1989) refere-se ao intervalo entre 13°C e 18°C como sendo confortável para a maioria dos ruminantes, e para vaca leiteira em lactação cita como sendo ideais os limites entre 4°C e 24°C e, dependendo da radiação solar e da umidade relativa do ar, essa faixa pode se restringir entre 7°C e 21°C . A temperatura crítica superior para bovinos leiteiros é variável entre 24°C e 27°C (Fuquay, 1981).

3.2 – Mecanismos de dissipação de calor

Exposição a ambientes de temperatura efetiva elevada faz com que os bovinos estejam sujeitos à hipertermia, necessitando de que o sistema termorregulador seja acionado para que a homeotermia seja mantida. A principal estratégia dos mamíferos é a manutenção da temperatura corporal interna mais alta que a temperatura do ambiente, para permitir o fluxo de calor entre o organismo e o ambiente externo (Collier et al., 2006). Os mecanismos básicos de dissipação de calor dos animais com o ambiente, segundo Titto (1998), são representados pelos meios não- evaporativos (condução,

convecção e radiação - dentro da faixa de conforto térmico; 75% das trocas de calor são efetuadas por essas vias) e pelos meios evaporativos (respiração e sudação).

Grande parte do calor ganho do ambiente pelo animal, especialmente quando está em pastejo, é proveniente da radiação solar, seja de forma direta ou indireta (Silva et al., 2007). Quando a temperatura ambiente ultrapassa a temperatura crítica superior da zona termoneutra, a dissipação do calor pelos meios não-evaporativos torna-se ineficiente e o balanço térmico será mantido pelos meios evaporativos, que se tornam importantes mecanismos de dissipação de calor, sendo que cerca de 80% do calor corporal pode ser dissipado dessa maneira, pois não dependem de um gradiente térmico entre a superfície do animal e o ambiente (Shearer & Beede, 1990; Pires & Campos, 2003). A perda de calor por evaporação ocorre na conversão para vapor, tanto do suor secretado pelas glândulas sudoríparas quanto da umidade proveniente do trato respiratório (Curtis 1983). Ambientes com umidade relativa elevada o gradiente de pressão de vapor será menor, reduzindo a eficiência dos mecanismos evaporativos pela diminuição da evaporação da água, tanto pela pele como pelo sistema respiratório (Sota, 1996). O gradiente de pressão de vapor entre o animal e o ambiente é grande quando a umidade relativa é baixa e a velocidade do vento é alta, favorecendo o processo evaporativo (Gebremedhin & Wu, 2002).

A resposta homeostática dos bovinos quando em estresse pelo calor, inclui vasodilatação periférica (que facilita a dissipação de calor pelos meios não-evaporativos), aumento da frequência respiratória e da sudorese, aumento na ingestão de água e redução no consumo de matéria seca, afetando a produção e os índices reprodutivos. Segundo Hansen (2004), vacas de raças zebuínas apresentam melhor habilidade de termorregulação do que vacas de origem europeia, em virtude da maior capacidade desses animais de perder calor para o ambiente, da produção de calor metabólico mais baixo, ou a combinação de ambos. Dessa forma, vacas leiteiras mestiças de Holandês-Zebu apresentam habilidade de dissipação de calor superior a vacas puras de origem europeia (Azevedo et al., 2005; Morais et al., 2008, Pires et al., 2010).

4 - Índices de conforto térmico

Vários índices de conforto térmico têm sido estabelecidos e utilizados com a finalidade de prever o impacto das condições do ambiente térmico sobre o conforto ou desconforto dos animais. Inicialmente, utilizavam-se apenas dados referentes à temperatura do ar para se estabelecer o conforto dos animais. Pelas limitações da temperatura ambiente como medida única para representar as variações do ambiente térmico, outras variáveis, como umidade relativa, velocidade do ar e radiação solar, que também influenciam o desempenho dos animais, passaram a ser incorporadas na avaliação de conforto térmico.

Assim, os índices de conforto térmico têm a propriedade de quantificar em uma única variável, o efeito do estresse térmico que o animal está submetido em uma dada condição meteorológica. Por meio deles é possível a avaliação do conforto térmico de um determinado ambiente, além de se obter subsídios que ajudarão na adequação desse ambiente às necessidades dos animais. Segundo West (2002), esses índices tendem a descrever com maior precisão os efeitos ambientais sobre a capacidade dos animais em dissipar calor.

4.1 – Índice de temperatura e umidade (ITU)

O índice de temperatura e umidade foi originalmente desenvolvido por Thom (1959) e descreve a atuação conjunta da temperatura de bulbo seco e da umidade relativa do ar sobre o desempenho dos animais, sendo obtido pela equação $ITU = T_a + 0,36T_{po} + 41,5$ em que T_a é a temperatura ambiente e T_{po} a temperatura de ponto de orvalho, ambas em °C. Armstrong (1994) sugeriu uma variação do ITU proposto por Kelly e Bond (1971); assim, o índice pode ser calculado a partir da temperatura de bulbo seco mais uma medida de umidade e expresso em termos adimensionais, cuja equação é $ITU = T_s - 0,55(1 - UR)(T_s - 58)$, em que T_s é a temperatura do bulbo seco (°F) e UR a umidade relativa expressa em valores decimais. Para o autor, valores de ITU abaixo de 72 são considerados como de conforto térmico para bovinos leiteiros, principalmente da espécie *Bos taurus*; ITU entre 72 e 78, estresse brando; de 79 a 88, estresse moderado; e de 89 a 98, estresse severo. Valores acima de 98 são considerados

como situação de perigo, necessitando de medidas urgentes, pois estão associados à morte do animal.

Vários índices de estresse térmico comumente utilizados foram desenvolvidos em regiões de clima temperado, baseando-se em informações obtidas a partir de observações realizadas em animais de origem europeia. Assim, Azevedo et al. (2005), levando em consideração a frequência respiratória de vacas leiteiras, estimaram, em condições de campo, no Brasil, valores críticos superiores de ITU igual a 79, 77 e 76 para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu, respectivamente.

Rocha (2008), avaliando o estresse térmico em vacas leiteiras mestiças, utilizando ITU como um dos índices de conforto, concluiu que a observação do valor de ITU máximo seria mais confiável para avaliação do estresse pelo calor em bovinos que considerar apenas os valores médios dessa variável.

Embora a vulnerabilidade de vacas em lactação ao estresse pelo calor seja evidenciada, pelos efeitos sobre a produção, reprodução e comportamento dos animais, as relações do ITU com as respostas fisiológicas de bovinos leiteiros além dos níveis críticos desse índice para vacas mestiças adaptadas à condição de clima tropical necessitam ser mais bem esclarecidas.

4.2 - Temperatura de globo negro (Tgn)

A radiação solar incidente é um dos principais elementos climáticos, em regiões tropicais, causador de estresse pelo calor nos bovinos (Silva et al., 2007). A temperatura de globo negro é obtida a partir de uma esfera oca de cobre, com 0,5mm de espessura e de 0,15m de diâmetro, enegrecida com tinta preta de alta absorvidade, no centro da qual se aloja o sensor de um termômetro. O termômetro de globo negro faz uma medição indireta do calor radiante ambiental, pois absorve o máximo de radiação infravermelha; assim, através da sua leitura é possível se obter, numa única medida, os efeitos combinados da temperatura radiante, da temperatura do ar e da velocidade dos ventos (Bond & Kelly, 1955).

Azevedo et al. (2005), em trabalho realizado para avaliar a termorregulação de vacas leiteiras mestiças H/Z, no verão e no inverno, observaram que tanto a Tgn como a temperatura de bulbo seco apresentaram valores mais elevados no turno da tarde,

durante o verão. Os valores observados dessas variáveis caracterizaram uma situação de estresse brando e médio, segundo os autores.

Marcheto et al (2002), ao trabalharem com dois grupos de vacas: um com vacas mais produtivas (29 kg/leite/dia) e outro de produção média (14 kg/leite/dia), encontraram uma diminuição de 0,52kg/dia na produção de leite, em função da elevação na temperatura de globo negro. Segundo Barbosa et al. (2004), quando a Tgn média do ambiente é igual ou maior que a temperatura normal do corpo do animal implicará em gradiente de temperatura estreito, dificultando a dissipação de calor pelos meios sensíveis, sendo, portanto, a dissipação de calor através dos meios evaporativos a principal forma utilizada por vacas leiteiras expostas à radiação solar direta para manutenção do equilíbrio térmico e, conseqüentemente, da produtividade e bem-estar.

4.3 – Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU)

O animal está sempre trocando calor com o ambiente na forma radiante. Segundo Kelly & Bond (1971), sob condições tropicais, os bovinos estão geralmente expostos à elevada carga térmica radiante, resultando em alto nível de desconforto.

Dessa forma, Buffington et al. (1981) propuseram o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) para ser utilizado nas situações em que os animais são criados em ambientes de exposição direta e indireta à radiação solar. Para calcular este índice, a temperatura de globo negro é usada em substituição à temperatura de bulbo seco na equação de ITU, sendo expresso como: $ITGU \text{ ou } BGHI = Tgn + 0,36Tpo + 41,5$ em que Tgn é a temperatura de globo negro e Tpo é a temperatura de ponto de orvalho.

Buffington et al. (1981) verificaram, em trabalho com vacas leiteiras, que sob radiação solar direta o ITGU apresentou correlação negativa mais alta com a produção de leite que a encontrada com ITU, sendo, portanto um indicador mais acurado do conforto térmico sob condições severas de estresse térmico e para animais expostos à radiação solar direta. Segundo Baccari Jr. (2001), sob condições de radiação solar moderada, tanto o ITU como o ITGU são eficientes para indicar o conforto térmico dos bovinos.

Morais et al. (2008) observaram efeito do aumento nos valores de ITGU sobre as variáveis fisiológicas, frequência respiratória e temperatura retal de vacas leiteiras mestiças criadas em sistema semi-intensivo. Os autores constataram que nas épocas do ano em que o ITGU esteve mais elevado ocorreu um aumento da temperatura retal dos animais, seguido de frequência respiratória mais elevada. Este resultado confirma a importância do ITGU na avaliação do estresse pelo calor de bovinos leiteiros criados em condições de pastejo ou em sistema semi-intensivo, onde são submetidos à intensa radiação solar.

4.4 - Carga térmica radiante (CTR)

Nas regiões tropicais, as trocas térmicas por radiação entre os animais e o ambiente, especialmente quando criados a pasto, assumem grande importância na determinação do conforto térmico. A carga térmica de radiação quantifica a radiação ambiente incidente sobre o animal, com base na temperatura radiante média, que é a temperatura média do conjunto de todas as superfícies reais e virtuais ao redor do animal em um determinado local (Silva, 2000). De acordo com Silva et al. (2007), sob condições tropicais, os bovinos geralmente estão expostos à carga térmica radiante (CTR) elevada, resultando em grande desconforto. Portanto, faz-se necessário proteger os animais da radiação solar direta para proporcionar-lhes a menor carga térmica radiante possível.

A CTR pode ser obtida, segundo Esmay (1979), pela equação:

$$CTR = \sigma \cdot (Trm)^4$$

Em que:

$$\sigma = \text{constante de Stephan Boltzmann} = 5,67 \times 10^{-8} \text{ (W/m}^2 \text{ K)}$$

Trm = temperatura radiante média (K)

Sendo:

$$Trm = 100 \{2,51 \times \sqrt{Vv} (Tgn - Ts) + (Tgn / 100)^4\}^{0,25}$$

Em que:

Vv = velocidade dos ventos (m/s)

Tgn = temperatura do globo negro (K)

Ts = temperatura do bulbo seco (K)

5 - Efeitos do estresse térmico sobre parâmetros fisiológicos

5.1 - Efeitos sobre a temperatura retal e frequência respiratória

A temperatura retal e a frequência respiratória são muito usadas, de forma isolada ou associadas, na aferição das respostas do organismo animal ao estresse por calor e também no desenvolvimento dos índices de conforto.

A homeotermia é controlada por um ritmo que se repete a cada 24 horas, que é denominado de ciclo circadiano, em que a temperatura corporal mínima ocorre entre 4h e 6h e a máxima entre 17h e 19h (Baccari Jr., 2001). A temperatura retal (TR) é utilizada para avaliar a adversidade do ambiente sobre os animais, uma vez que reflete o balanço térmico corporal, ou seja, o balanço entre o calor absorvido do ambiente mais o produzido pelo metabolismo e o que está sendo liberado para o ambiente. Assim, sua elevação é uma indicação de que os mecanismos termorregulatórios estão falhando e não estão conseguindo manter a homeotermia (Silva, 2000). Para bovinos, a temperatura retal fisiológica está entre 38°C e 39°C (Stober, 1993).

Em condições de termoneutralidade, a frequência respiratória (FR) considerada normal para bovinos é de 24 a 36 movimentos/min (Stober, 1993). De acordo com Hanh et al. (1997), FR de 60 mov/min indica animais com ausência de estresse ou que este é mínimo; acima de 120 mov/min reflete carga excessiva de calor e caso ultrapasse 160 mov/min, medidas de emergência devem ser tomadas. Para evitar a hipertermia, em situações de estresse calórico, os bovinos utilizam os mecanismos adaptativos de termorregulação, como o aumento da FR para dissipar calor por evaporação (Baccari Jr., 2001). Essa estratégia é bastante eficiente, pois permite que o animal elimine cerca de 30% do calor corporal (Pires & Campos, 2003). Entretanto, a exigência prolongada desse mecanismo de termorregulação trará diversos distúrbios ao organismo do animal, como aumento das exigências de manutenção (em virtude da ofegação), por desvio de energia de outras vias metabólicas.

Segundo Baccari Jr. (2001), quando estão em estresse pelo calor, os animais geralmente apresentam elevação da FR antes do aumento na temperatura retal. Em ambientes quentes é frequente se verificar taquipneia em bovinos, principalmente nas raças de origem europeia (Stober, 1993; Pires & Campos, 2003).

Azevedo et al. (2005), em trabalho realizado com três grupos genéticos Holandês-Zebu (1/2, 3/4 e 7/8), verificaram elevação da FR dos três grupos no período de verão. Para a temperatura retal, no mesmo período, foi observado aumento nesse parâmetro só para as vacas 3/4 e 7/8 HZ. Para os autores, a frequência respiratória é um parâmetro melhor que a temperatura retal para se avaliar o estresse pelo calor.

Ferreira et al. (2006) constataram elevação na frequência respiratória, na temperatura retal e na temperatura de superfície corporal, no período de estresse pelo calor, em fêmeas mestiças 1/2 Gir-Holandês, sendo que no verão os animais apresentaram aumento mais acentuado tanto da TR como da FR. Os autores concluíram que ambos os parâmetros (frequência respiratória e temperatura retal) têm grande importância na avaliação de estresse calórico em bovinos.

Avaliando características de termorregulação de vacas leiteiras mestiças, durante dois anos consecutivos, Morais et al. (2008) verificaram que nas épocas de ITGU e de carga térmica radiante mais elevada houve aumento da FR e também da TR dos animais avaliados.

5.2 - Temperaturas da epiderme e da superfície do pelame

Dependendo da região anatômica do corpo e em virtude das diferenças na atividade metabólica dos tecidos, observa-se variação na temperatura corporal, sendo a temperatura do núcleo corporal mais estável que a temperatura da superfície corporal, que sofre mais as influências do ambiente externo, ou seja, a temperatura superficial pode variar independentemente da temperatura retal (Baccari Jr., 2001; Baêta & Souza, 2010).

A pele protege o organismo tanto do frio como do calor, e sua temperatura reflete, principalmente, as variações térmicas do ambiente, variando também de acordo com características fisiológicas, como vascularização e capacidade de sudorese dos animais, e contribui para a manutenção da temperatura corporal devido às trocas de calor com o ambiente (Baccari Jr., 2001; Costa e Silva et al., 2010). De acordo com Finch (1986), a temperatura da epiderme tem grande efeito sobre os tecidos e funções neuroendócrinas, estando relacionada dessa forma com a expressão do estresse térmico observado nos animais, podendo ser utilizada associada a outros parâmetros

fisiológicos, como o indicador de tolerância ao calor dos bovinos (Costa e Silva et al., 2010). Existe gradiente térmico no organismo, sendo a temperatura do núcleo corporal mais elevada que a temperatura da superfície (pele e pelos). Segundo Baccari Jr. (2001), o gradiente retal-cutâneo é de aproximadamente 5°C, com os valores mais baixos verificados para a temperatura da superfície corporal.

A temperatura da superfície corporal de animais em ambiente de clima tropical geralmente apresenta-se bastante alta em virtude da carga térmica radiante elevada que normalmente estão expostos (Silva & Starling, 2003), sendo um indicativo indireto, segundo Baccari Jr. (2001), do total de radiação absorvida pelos animais, especialmente quando criados sob pastejo, em que absorvem grandes quantidades de radiação solar direta (Silva et al., 2007). Morais et al. (2008) verificaram aumento na temperatura de superfície de pelame de vacas leiteiras mestiças criadas em sistema semi-intensivo, nas épocas da carga térmica radiante mais elevada.

5.3 – Efeitos na taxa de sudação

A habilidade dos animais em resistirem a ambientes adversos depende da sua capacidade de dissipar calor para o ambiente. Em condição termoneutra, os bovinos dissipam calor para o ambiente, principalmente por condução, convecção e radiação (calor sensível). Sob estresse, a principal via de dissipação é a evaporação (respiratória e cutânea). Como a evaporação respiratória tem um custo para o organismo, a evaporação cutânea pode chegar a contribuir com até 80% da dissipação evaporativa total de calor, tornando-se assim uma importante via de manutenção da homeostase corporal (Pires & Campos, 2003). Bovinos que têm maior capacidade de sudação irão usar com menor intensidade a evaporação respiratória, sendo mais adequados para regiões tropicais e subtropicais (Hansen, 2004).

Maia et al. (2005) verificaram que em temperaturas entre 10°C e 20°C, a evaporação cutânea correspondia entre 20 a 30% do total de calor eliminado pelas vacas. Entretanto, quando ocorria elevação da temperatura, a sudação passou a ser o principal mecanismo de perda de calor, chegando a 85% do total da dissipação evaporativa. Para Silva et al. (2007), a radiação solar direta ou indireta é um dos elementos climáticos de extrema importância nos sistemas de criação extensivo e semi-

extensivo. Portanto, a capacidade de dissipar calor, especialmente por sudação, será de grande importância na manutenção do equilíbrio térmico.

A capacidade de sudação em vacas leiteiras é uma característica adaptativa, que de acordo com Silva (2000), depende de algumas variáveis, como: umidade relativa do ar, temperatura da pele, espessura do pelame e densidade, tamanho, estrutura e funcionalidade das glândulas sudoríparas dos animais. Geralmente, vacas de raças zebuínas e seus mestiços têm maior capacidade de manter o equilíbrio térmico que as taurinas, pois a evaporação cutânea é mais acentuada que nas raças europeias, mas apenas sob altas temperaturas. Para conseguir manter a homeotermia, os taurinos precisam utilizar mais a evaporação cutânea (Finch, 1984; Carvalho et al., 1995; Hansen, 2004). O sistema evaporativo cutâneo dos zebuínos mais eficiente está relacionado à estrutura, quantidade e forma de suas glândulas sudoríparas, pois geralmente são maiores, em maior quantidade, de formato saculiforme, mais superficial e com mais células na camada superficial que as glândulas de bovinos de origem europeia (Carvalho et al., 1995; Silva, 2000; Hansen, 2004).

Essa habilidade dos zebuínos e seus mestiços foi avaliada por Pires et al. (2010), que observaram maior taxa de sudação, no verão, das vacas 1/2 Holandês-Zebu (HZ) quando comparadas a vacas 3/4 e 7/8 H/Z. Os autores constataram ainda que, por conta da sudorese mais elevada, a temperatura retal dos animais se manteve dentro da normalidade no período avaliado.

Ferreira et al. (2009) observaram taxa de sudação similar no inverno e no verão para animais mestiços 1/2 Gir-Holandês. No entanto, os autores verificaram uma relação inversa entre a ofegação e a taxa de sudação, ou seja, os animais com maior evaporação cutânea tiveram frequência respiratória mais baixa, fato já constatado por Ferreira et al. (2006), que encontraram correlação negativa significativa entre essas duas variáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal Dairy Science**, v. 77, n.8, p. 2044-2050, 1994.
- AZEVEDO, M.; PIRES, M.F.A.; SATURNINO, H.M. et al. Estimativa de níveis críticos superiores de índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2000-2008, 2005.
- BACCARI Jr., F. **Manejo Ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142p.
- BAETA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais – conforto animal**. 2ª Ed. Viçosa: Editora da UFV. 2010. 269p.
- BAKER, M.A. Effect of dehydration and rehydration on thermoregulation sweating goats. **Journal of Physiology**, v.417, n.1, p.421-435, 1989.
- BARBOSA, O.R.; BOZA, P.R.; SANTOS, G.T. Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça Holandesa durante o verão. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.26, n.1, p.115-122, 2004.
- BOND, T.E.; KELLY, C.F. The globe thermometer in agriculture research. **Agriculture Engineering**, Columbia, v.36, n. 2, p.251-260, 1955.
- BROOM, D.M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, v. 142, n.1, p.524-526, 1986.
- BROOM, D.M. Animal Welfare: concepts and measurement. **Journal Animal Science**, v.69, n.10, p.4167-4135, 1991.

- BROOM, D.M.; MOLENTO, C.F.M. Bem-estar animal: Conceitos e Questões relacionados – Revisão. **Archives of Veterinary Science**, v.9, n.2, p.1-11, 2004.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A; CANTON, G.H. et al. Black Globe-Humidity Index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.
- CARVALHO, F.A.; LAMMOGLIA, M.A.; SIMÕES, M.J. et al. Breed affects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress. **Journal Animal Science**, v.73, n.12, p.3570-3573, 1995.
- COLLIER, R.J.; DAHL, G.E.; VANBAALE, M.J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n.4, p.1244-1253, 2006.
- COSTA E SILVA, E.V. Ambiente e Manejo Reprodutivo: Problemas e soluções. In: ZOOTEC 2003 – AMBIÊNCIA, EFICIÊNCIA E QUALIDADE DA PRODUÇÃO ANIMAL, 2, 2003, Uberaba – MG. **Anais...** Uberaba - MG, 2003. p.75-87.
- COSTA e SILVA, E.V.; KATAYAMA, K.A.; MACEDO, G.G. et al. Efeito do manejo e de variáveis bioclimáticas sobre a taxa de gestação em vacas receptoras de embriões. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v.11, n.2, p. 280-291, 2010.
- CURTIS, S.E. **Environmental management in Animal Agriculture**. Illinois: Animal Environment Services, 1983. 409p.
- ESMAY, M.L. Principles of animal environment. Westport: **The AVI Publishing Company**, 1979. 325 p. (Environmental Engineering in Agriculture and Food Series).

- FERREIRA, F.; PIRES, M.F.A.; MARTINEZ, M.L. et al. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p. 732-738, 2006.
- FERREIRA, F.; CAMPOS, W.E.; CARVALHO, A.U. et al. Taxa de sudação e parâmetros histológicos de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina veterinária e Zootecnia**, v.61, n.4, p.763-768, 2009.
- FINCH, V.A. Heat as a stress factor in herbivores under tropical conditions. In: GILCHRIST, F.M.G.; MACKIE, R.I. (Ed). **Herbivore nutrition in the subtropics and tropics**. Grighall: The Sciences Press, p.89-105, 1984.
- FINCH, V.A. Body temperature in beef cattle: its relevance to production in the tropics. **Journal Animal Science**, v.62, n.2, p.531-542, 1986.
- FUQUAY, J.W. Heat Stress as it affects animal production. **Journal Animal Science**, v. 52, n.1, p. 164-182, 1981.
- GARCÍA-ISPIERTO, I.F.; LÓPES-GATIUS, F.; SANTOLARIA, P. et al. Relationship between heat stress during the peri-implatation period and early fetal loss in dairy cattle. **Theriogenology**, v.65, n.4, p.799-807, 2006.
- GEBREMEDHIN, K.G.; WU, B. Simulation of sensible and latent heat losses from wet-skin surface and fur layer. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v.27, n.4, p.291-297, 2002.
- GRESSLER, S.L.; BERGMAN, J.A.G.; GRESSLER, M.G.M. Dicotomia da seleção natural versus seleção artificial no melhoramento da fertilidade de bovinos. **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia**, n.46, p.1-18, 2004.

- HAHN, G.L. Compensatory performance in livestock: influences on environmental criteria. In: Yousef, M.K. **Stress physiologic**. Boca Raton: CRC Press, v.2, 1985. p.52-145.
- HAHN, G.L.; PARKHURST, A.M.; GAUGHAN, J.B. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. **Transactions of the ASAE**, v.40, n.6, p.97-121, 1997.
- HANSEN, J.A. Physiological and cellular adaptations of Zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, v.82-83, n.1, p.349-360, 2004.
- KADZERE, C.T.; MURPHY, M.R.; SILANIKOVE, N. et al. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v.77, n.1, p.59-91, 2002.
- KELLY, C.F.; BOND, T.E. Bioclimatic factors and their measurements. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, ed. **A guide to environmental research on animals**. Washington: National Academy of Sciences, 1971.p.71-92.
- MAIA, A.S.C.; SILVA, R.G.; LOUREIRO, C.M.B. Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. **International Journal Biometeorology**, v.50, n.1, p.17-22, 2005.
- MARCHETO, F.G.; NÄÄS, I.A.; SALGADO, D.A. et al. Efeito das temperaturas de bulbo seco e globo negro e do índice de temperatura e umidade em vacas em produção alojadas em sistema de free-stall. **Brazilian Journal of Veterinary Research Animal Science**, São Paulo, v.39, n.6, p.320-323, 2002.
- McDOWELL, R.E. **Bases biológicas de la producción animal em zonas tropicales**. Zarazoga: Editora Acribia, 1975. 687p.

- MORAIS, D.A.E.F.; MAIA, A.S.C.; SILVA, R.G. et al. Variação anual de hormônios tereoidianos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.538-545, 2008.
- NÄÄS, I.A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Editora Ícone. 1989. 183p.
- PEREIRA, C.C.J. **Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195p.
- PIRES, M.F.A.; CAMPOS, A.T. Relação dos dados climáticos com o desempenho animal. In: RESENDE, H.; CAMPOS, A.T.; PIRES, M.F.A. (Orgs.). **Dados climáticos e sua utilização na atividade leiteira**, 1 ed., Juiz de Fora: CNPGL, v.1, 2003. 250p.
- PIRES, M.F.A; AZEVEDO, M.; SATURNINO, H.M. Adaptação de animais mestiços em ambiente tropical. **Informe Agropecuário**, v.31, n.258, p.30-38, 2010.
- ROCHA, D.R. **Avaliação de estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus* X *Bos indicus*) criadas em clima tropical quente úmido no estado do Ceará**. 2008. 67p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade federal do Ceará, Ceará, 2008.
- SELYE, H.A. Syndrome produced by diverse noxious agents. **Nature**, New York, 1936. 138p.
- SHEARER, J.K.; BEEDE, D.K. Heat stress, Part 1: Thermoregulation and physiological responses of dairy cattle in hot weather. **Agricultural Practice**, v.11, n.4, p.5-17, 1990.
- SILVA, R.G. **Introdução à Bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.

- SILVA, R.G; STARLING, J.M.C. Evaporação cutânea e respiratória em ovinos sob altas temperaturas ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1-6, 2003.
- SILVA, R.G.; MORAIS, D.A.E.F.; GUILHERMINO, M.M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1192-1198, 2007.
- SOTA, R.L. Fisiologia Ambiental: mecanismos de repuestas del animal al estress calórico. In: JORNADA DE MANEJO DEL ESTRESS CALORICO, 1, La Plata, 1996. **Anais...** La Plata: EDULP, 1996. p.1-43.
- STOBER, M. Identificação, anamnese, regiões básicas da técnica do exame clínico. In: ROSEMBERG, (Ed.). **Exame Clínico dos Bovinos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. 419p.
- TITTO, E.A.L. 1998. Clima: Influência na produção de leite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE. Piracicaba, 1998. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p.10-23.
- THOM, E.E. The Discomfort Index. **Weatherwise**, v.12, p.57-60, 1959.
- WEST, J.W. Physiological effects of heat stress on production and reproduction. In: TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 2002, Fort Wayne. **Proceedings...** Fort Wayne. M. D. Eastridge Ed., 2002. p. 1-9.
- YOUSEF, M.K. **Stress physiology in livestock**. Boca Raton: CRC Press, 1985. 217p.

CAPÍTULO II

Termorregulação de vacas da raça Girolando, confinadas, durante o período de verão

Termorregulação de vacas da raça Girolando, confinadas, durante o período de verão

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar as respostas fisiológicas de termorregulação de vacas leiteiras da raça Girolando, no período de verão, mantidas em confinamento. Foram utilizados 15 animais de três grupos genéticos: 1/2, 5/8 e 3/4 Holandês-Gir (HG), sendo 05 vacas de cada grupo genético, distribuídas num delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas. Os parâmetros fisiológicos: taxa de sudção (Tsud), frequência respiratória (FR), temperatura da epiderme (TE) e temperatura de superfície de pelame (TSP) dos animais foram avaliados uma vez por semana, durante nove semanas, de dezembro de 2009 a fevereiro de 2010. O ambiente foi monitorado continuamente utilizando-se de uma estação meteorológica automática; os dados climáticos registrados foram usados posteriormente para calcular os índices de conforto térmico: ITU (índice de temperatura e umidade), ITGU (índice de temperatura de globo e umidade) e CTR (carga térmica radiante). O resultado da análise de correlação mostrou que todas as variáveis meteorológicas e os índices de conforto apresentaram correlações significativas com a taxa de sudção e demais parâmetros fisiológicos. Os animais 1/2 HG apresentaram Tsud mais alta e FR, TE e TSP mais baixas nos três grupos genéticos, enquanto nas vacas 3/4 HG foram verificadas as médias mais baixas de Tsud e mais altas de TE e TSP. As vacas 5/8 HG ficaram em posição intermediária para os valores de Tsud, TE e TSP. A média de FR dos animais 5/8 e 3/4 HG não diferiram entre si. Concluiu-se que animais de grupos genéticos 3/4 e 5/8 HG demonstram maior sensibilidade ao estresse pelo calor que as vacas 1/2 HG.

Palavras-Chaves: bovinocultura de leite, estresse pelo calor, parâmetros fisiológicos

Thermoregulation of cows breed Girolando, in feedlot, in summer

ABSTRACT

This work was carried out to evaluate the thermoregulation physiological responses of dairy cows Girolando, in summer, under feedlot. Fifteen animals were used with 05 dairy cows from three genetic groups: 1/2, 5/8 and 3/4 Holstein-Gir (HG) distributed in a completely randomized split plot. The physiological parameters sweating rate (SR), respiratory rate (RR), skin temperature (ST) and hair coat surface temperature (HST) of the animals were evaluated once a week for nine weeks from December 2009 to February 2010. The atmosphere was monitored continuously by automatic weather station and data climate recorded were later used to calculate Thermal Comfort Index: THI (Temperature and Humidity Index), BGHI (Black Globe-Humidity Index) and RHL (Radiant Heat Hoad). There were significant correlations between the meteorological variables and Comforts Index with the rate of sweating and other physiological parameters. Animals 1/2 HG showed higher SR and the lowest RR, ST and HST of the three genetic groups, while 3/4 HG cows were found the lowest grades of SR and higher ST and HST. For 5/8 HG cows feet in the intermediate to the values of SR, ST and HST. The mean respiratory rate 5/8 and 3/4 HG cows did not differ. It was concluded that genetic groups 5/8 and 3/4 HG had a higher sensitivity to heat in the summer than 1/2 HG cows.

Key Words: dairy cattle, heat stress, physiological parameters

INTRODUÇÃO

Exposição a ambientes de temperatura efetiva elevada reduz a eficácia na perda de calor e incrementa o estresse animal, restringindo a expressão do potencial produtivo de bovinos leiteiros, pela necessidade de acionamento dos mecanismos fisiológicos de termorregulação para dissipação de calor. A produtividade é mais afetada em ambientes que além de altas temperaturas apresentem ainda umidade e radiação solar elevada (West, 2002).

Os bovinos regulam a temperatura corporal interna dissipando o calor produzido pelo metabolismo e mais aquele ganho do ambiente, através do fluxo de calor do animal para o ambiente que o envolve. Segundo Silva (2000), o fluxo de calor ocorre através de processos que são dependentes da temperatura do ar (perda de calor sensível: condução, radiação e convecção) e da umidade (evaporação cutânea e respiratória). Quando a temperatura ambiente ultrapassa o limite crítico superior da zona termoneutra, a dissipação de calor através dos meios não evaporativos torna-se ineficiente, sendo o balanço térmico mantido por meios evaporativos, por não depender de um gradiente de temperatura entre o animal e o ambiente. A resposta homeostática inclui aumento da sudorese, da frequência respiratória, além de elevação da temperatura corporal, tanto da temperatura do núcleo como da temperatura superficial (Baccari Jr., 2001).

Em bovinos, a perda de calor por evaporação ocorre principalmente na epiderme, pelo processo de sudação respondendo por aproximadamente 80% da dissipação total evaporativa (Maia et al., 2005). A quantidade de calor latente dissipado por evaporação depende da natureza e atividade das glândulas sudoríparas, da permeabilidade da epiderme à passagem de líquidos procedentes do interior do corpo (Silva, 2000), e do gradiente de pressão de vapor de água entre o animal e o ambiente.

A capacidade dos animais para suportar os ambientes térmicos a que estão expostos é proporcional a sua habilidade para dissipar calor, especialmente por sudação, pois irão utilizar com menor intensidade a evaporação respiratória, sendo, portanto, mais adequados para ambientes de clima tropical (Hansen, 2004), em função da intensa radiação a que são submetidos durante grande parte do tempo (Silva et al., 2007). A taxa de sudação é uma característica adaptativa que varia entre raças e indivíduos da mesma raça. Bovinos de raças zebuínas regulam melhor a temperatura corporal em resposta ao

estresse térmico do que os da espécie *Bos taurus*, como resultado da baixa produção de calor metabólico e maior capacidade sudativa dos primeiros (Carvalho et al., 1995; Hansen, 2004). Geralmente, animais da espécie *Bos indicus* apresentam glândulas sudoríparas em formato saculiformes, mais volumosas e com maior diâmetro, mais superficiais e com maior estrato de células epiteliais (Carvalho et al., 1995; Silva, 2000).

O cruzamento de zebuínos com bovinos da raça Holandês é utilizado com a finalidade de aumentar o potencial dos animais para produção de leite nos trópicos. A raça Girolando, produto do acasalamento das raças Holandês e Gir, tem demonstrado boa adaptabilidade (Facó et al, 2005) e, na atualidade, compõe parte do rebanho leiteiro brasileiro, com seus diversos graus de sangue ou o puro sintético 5/8 Holandês-Gir, contribuindo com uma parcela significativa do leite produzido no País.

O monitoramento das condições climáticas e os efeitos do ambiente térmico sobre as respostas fisiológicas de bovinos leiteiros de origem europeia têm sido realizados, trazendo informações muito importantes, contribuindo para caracterizar situações de estresse pelo calor. Entretanto, poucos trabalhos foram realizados baseando-se em observações com animais dos diferentes grupos genéticos que compõem a raça Girolando, estabelecendo padrões de termorregulação desses animais quando criados em ambiente tropical.

Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar as respostas fisiológicas ao estresse pelo calor de vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 Holandês-Gir confinadas, no verão, e comparar os grupos genéticos com relação à adaptabilidade às condições ambientais.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do ambiente, animais e manejo

O trabalho foi conduzido na Fazenda Avimalta, localizada no município de Paudalho, a uma altitude de 70m, 7°54' de latitude sul e 35°8' de longitude oeste, na Zona da Mata de Pernambuco. O clima da região é o As' (tropical úmido com verões quentes), de acordo com a classificação de Köppen. A precipitação anual média é de 1634 mm, com temperaturas máximas e mínimas ocorrendo nos meses de dezembro e julho, respectivamente. O período chuvoso compreende os meses de março a julho (CPRM, 2005).

O registro dos dados experimentais foi realizado entre dezembro de 2009 e fevereiro de 2010, durante nove semanas consecutivas. Duas semanas antes do início do experimento foi realizada uma adaptação dos animais ao manejo e ao processo de aferição dos parâmetros fisiológicos. Foram utilizadas para as avaliações 15 vacas multíparas da raça Girolando, registradas pela Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, com peso médio de 530 kg, sendo cinco animais de cada um dos seguintes grupos genéticos: 1/2, 5/8 e 3/4 Holandês-Gir (HG), selecionadas de um rebanho de 105 vacas em lactação. As médias de produção de leite diárias de cada grupo genético foram de 10,7; 12,1 e 11,8 kg para os grupos 1/2, 5/8 e 3/4, respectivamente.

Os animais foram mantidos em confinamento a céu aberto, com área de piso concretado, provida de saleiro e cocho coletivo para alimentação, coberto de telha fibrocimento (Figura 1). O restante da área era de piso de terra, dispendo de dois bebedouros e sombreamento natural (Figura 2), fornecida pelas seguintes espécies arbóreas: *Prosopis juliflora* (algaroba), *Eugenia jambolona* (jamelão), *Ficus benjamim* (figueira-benjamim ou ficus) e *Mangifera indica* (mangueira). A alimentação fornecida duas vezes ao dia, após as ordenhas, era composta por capim elefante picado à vontade, palma forrageira, resíduo de cervejaria e concentrado preparado e distribuído de acordo com o manejo da fazenda.

A ordenha mecânica foi realizada duas vezes ao dia, às 4h e às 14h, e a produção de leite foi controlada por meio de controle leiteiro quinzenal realizado pela própria fazenda.



Figura 1. Confinamento a céu aberto utilizado no experimento.



Figura 2. Sombreamento natural na área do confinamento.

Monitoramento do Ambiente Térmico

O ambiente foi monitorado continuamente por meio de uma estação meteorológica automática (Figura 3) instalada nas proximidades do local em que os animais se encontravam. A estação foi programada para registrar a cada hora os dados

referentes à temperatura do ar (T_a), umidade relativa do ar (UR), velocidade dos ventos (V_v), radiação solar global (R_s) e precipitação pluvial (PP), e ao registro diário das mínimas e máximas de temperatura, umidade, além da precipitação acumulada no dia. Os dados registrados foram armazenados no Datalogger da estação e transferidos semanalmente para um computador. Foi instalado também, próximo à estação, um globotermômetro para obtenção da temperatura de globo negro (T_{gn}), a cada duas horas, nos dias de avaliação dos parâmetros fisiológicos.



Figura 3. Estação meteorológica utilizada no experimento.

A temperatura de globo negro foi utilizada para calcular tanto o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), segundo Buffington et al. (1981), como a carga térmica radiante (CTR), por meio da equação citada por Esmay (1979).

O cálculo do ITU foi realizado utilizando-se a equação proposta por Kelly & Bond (1971), em que $ITU = T_s - 0,55 * (1-UR) * (T_s-58)$, em que T_s é a temperatura do ar em °F e UR a umidade relativa do ar em decimais.

Foram calculadas as médias das variáveis ambientais (T_a , UR, T_{gn} , V_v) e dos índices de conforto ITU, ITGU e CTR observados nos horários entre 15h e 17h, dos dias em que foi determinada a taxa de sudorese e demais parâmetros fisiológicos.

Aferição dos Parâmetros Fisiológicos

As medidas fisiológicas foram realizadas durante nove semanas consecutivas, uma única vez na semana, no turno da tarde, após a ordenha, com os animais contidos em brete coletivo.

Para a avaliação da taxa de sudação foi empregado o método colorimétrico de Scheleger & Turner (1965), que se baseia na contagem de tempo necessário para que discos de papel impregnados em solução de cloreto de cobalto mudem sua cor de azul violeta para o róseo claro.

Os discos foram preparados usando-se papel de cromatografia tipo Whatman número 1, de 0,5cm de diâmetro, imersos em solução de cloreto de cobalto hexahidratado e secos, em estufa a 90°C, até atingir a cor azul violácea. Após a secagem os discos foram fixados com fita adesiva em lâminas de vidro e mantidos em dessecador até o momento da utilização.

A fita adesiva com os discos de papel foi removida da lâmina e imediatamente fixada firmemente sobre a pele na região do flanco, previamente depilada e limpa com álcool e éter (Figura 4).



Figura 4. Mudança de coloração dos discos de papel de azul (1) para rosa claro (2) na avaliação da taxa de sudação.

O tempo para que cada disco de papel mudasse de cor foi determinada com auxílio de um cronômetro digital, sempre pelo mesmo observador. A média dos valores observados nos três discos foi utilizada na seguinte equação, proposta por Silva (2000): $T_{sud} = 38446,6019/t$, em que T_{sud} é a taxa de sudação em $g/m^2/hora$; t é o tempo médio, em segundos, para a mudança de cor nos três discos.

Para cada observação da taxa de sudação foram tomadas também a frequência respiratória (FR) e as temperaturas da epiderme (TE) e da superfície do pelame (TSP) de cada vaca. A medição da FR foi realizada com a contagem dos movimentos respiratórios no flanco dos animais durante 30 segundos, sendo o valor encontrado multiplicado por dois para a obtenção do número de movimentos respiratórios/minuto. Para a aferição da TE e TSP foi utilizado um termômetro infravermelho digital, colocado próximo à pele e ao pelame (no mesmo local usado para avaliação da taxa de sudação), na região do flanco (Figura 5).



Figura 5. Aferição das temperaturas da epiderme e de superfície do pelame com termômetro infravermelho digital.

Análise Estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas com dias de registro dos dados na subparcela e grupos genéticos na parcela principal, com cinco repetições. Os dados obtidos foram submetidos inicialmente às pressuposições de normalidade e homocedasticidade. Para as variâncias que não apresentaram distribuição normal, transformaram-se os dados em logarítmico decimal. Foram realizadas correlações de Pearson entre as variáveis ambientais e índices de conforto térmico com os parâmetros fisiológicos e análises de variância, com as médias sendo comparadas pelo teste de Newman Keuls a 0,05 de significância. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados por meio do SAEG versão 9.1, (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores para a temperatura do ar (Tabela 1), tanto o valor médio (28,2°C) como a média da temperatura máxima (31,9°C), mostraram-se acima do limite superior da zona termoneutra para vacas da raça Holandês em lactação, os quais segundo Huber (1990) estão entre 4 e 26°C, enquanto Nääs (1989) refere-se ao intervalo entre 4 e 24°C. Por outro lado, os valores críticos de ITU para vacas mestiças 1/2 e 3/4 (79 e 77), segundo Azevedo et al. (2005) foram ultrapassados, então pode-se afirmar que os animais passaram períodos do dia sob condições de ITU (Figura 6) acima do limite crítico superior da zona termoneutra, caracterizando estresse pelo calor. Verifica-se também que a Tgn, com valor médio de 32,1°C e máximo de 34,3°C foi superior ao valor de 29°C citado por Beede et al. (1983), como a Tgn crítica capaz de interferir no desempenho de vacas leiteiras e muito acima do valor de 21°C reportado por Schneider et al. (1988) como sendo a Tgn de conforto térmico para vacas em lactação.

Tabela 1. Valores médios e variação dos elementos climáticos e índices de conforto térmico registrados nos dias e horários de avaliação dos parâmetros fisiológicos durante o verão

	Média	Variação	
Ta (°C)	28,2	26,7	29,3
Tmax (°C)	31,9	29,8	33,5
Tmin (°C)	23,1	21,7	24,3
UR (%)	68,9	60,8	75,6
Tgn (°C)	32,1	27,7	34,3
Vv (m/s)	2,3	1,2	3,0
ITU	78,5	77,1	80,1
ITGU	81,5	77,2	84,0
CTR (W/m ²)	576,9	479,2	637,6

Ta – temperatura do ar; Tmax – temperatura máxima do dia; Tmin – temperatura mínima do dia; UR – Umidade relativa; Tgn – temperatura do globo negro; Vv – velocidade dos ventos; ITU – índice de temperatura e umidade; ITGU – índice de temperatura de globo negro e umidade; CTR – carga térmica radiante.

A umidade relativa que apresentou valor médio de 68,9% e máximo de 75,6% pode ser considerada elevada para o período de verão. Segundo Pires & Campos (2003),

áreas quentes e úmidas podem comprometer o desempenho produtivo de bovinos leiteiros quando a temperatura do ar for superior a 21°C e esteja associada à UR igual ou superior a 60%, afetando negativamente a termorregulação dos animais.

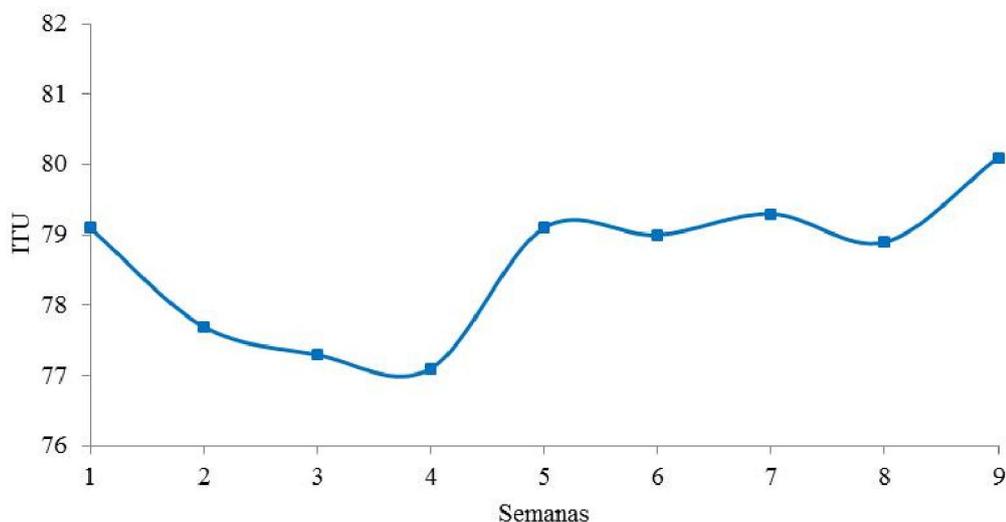


Figura 6. Variação do índice de temperatura e umidade (ITU) durante o período experimental.

A média observada para a variável velocidade dos ventos igual a 2,3m/s constitui um benefício pela contribuição na termólise convectiva, amenizando a sensação de calor e melhorando o conforto térmico dos animais, pois, de acordo com Hanh (1985), velocidade do fluxo de ar média de 2,2m/s pode ser considerada como ótima para vacas lactantes.

O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) apresentou valor médio de 81,5 e máximo de 84,0, o que de acordo com a classificação do National Wheater Service – USA (1976) pode caracterizar situação de perigo para bovinos leiteiros da espécie *Bos taurus*. Para a carga térmica radiante observaram-se valores de 576,9w/m² e 637,6w/m² para CTR média e máxima, respectivamente. Este índice está diretamente ligado às trocas térmicas por radiação entre o animal e o ambiente, o que segundo Silva (2008) pode fazer a diferença entre um ambiente confortável e outro estressante. É importante lembrar que os animais experimentais foram mantidos em um confinamento a céu aberto, mas com boa disponibilidade de sombreamento natural (onde permaneceram grande parte do dia), que reduz o impacto da radiação solar direta,

diminuindo o armazenamento de calor e favorecendo a manutenção da temperatura corporal constante (Baccari Jr., 2001).

Foi verificada uma correlação positiva de maior magnitude entre Ta, temperatura máxima, Tgn e ITU com todos os parâmetros fisiológicos (Tabela 2), sugerindo que a elevação desses elementos meteorológicos interferiu na termorregulação dos animais, especialmente se considerar o resultado da correlação negativa, altamente significativa, observada entre UR e as variáveis fisiológicas, pois em ambientes com temperatura acima do valor máximo para o conforto animal, a umidade relativa tem importância fundamental nos mecanismos de dissipação de calor por evaporação (Silva, 2000; Pires & Campos, 2003).

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis meteorológicas e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Girolando durante o verão

Variáveis Climáticas	Tsud	FR	TE	TSP
Ta	0,4354**	0,5165**	0,4123**	0,5632**
Tmax	0,4172**	0,5008**	0,3982**	0,5374**
Tmin	0,2402**	0,3068**	0,2965**	0,3817**
UR	-0,3075**	-0,3967**	-0,3201**	-0,4288**
Vv	--	0,1677*	0,1411*	0,1681*
Tgn	0,3722**	0,4775**	0,3918**	0,5812**
ITU	0,4328**	0,5001**	0,4079**	0,5655**
ITGU	0,3577**	0,4745**	0,3891**	0,5583**
CTR	0,2874**	0,3679**	0,3218**	0,4454**

(*) – significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$);

(**) - significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$);

(--) não significativo; Ta – temperatura do ar (°C); Tmax – temperatura máxima do dia (°C); Tmin – temperatura mínima do dia (°C); UR – Umidade relativa (%); Vv – velocidade dos ventos (m/s); TGN – temperatura do globo negro (°C); ITU – índice de temperatura e umidade; ITGU – índice de temperatura do globo e umidade; CTR – carga térmica radiante (W/m^2); Tsud – taxa de sudção ($g/m^2/hora$); FR – frequência respiratória (mov/min); TE – temperatura da epiderme (°C); TSP – temperatura de superfície do pelame (°C).

Como a temperatura do ar e a umidade são as variáveis climáticas usadas para calcular o índice de temperatura e umidade, e ambas apresentaram correlação altamente significativa com a taxa de sudção e demais parâmetros fisiológicos, é possível perceber (Tabela 2) que ITU foi o índice que teve grande influência na termorregulação

em virtude da correlação de maior magnitude com todos os parâmetros fisiológicos, indicando uma associação entre o aumento no índice de conforto térmico com elevações nos parâmetros fisiológicos. Azevedo et al. (2005) também constataram correlações entre ITU e temperatura retal ($r = 0,536$) e entre ITU e FR com $r = 0,736$.

A carga térmica radiante e ITGU também apresentaram correlação positiva ($P < 0,01$) com os parâmetros fisiológicos. Como esses índices estão diretamente relacionados com a radiação solar incidente, verifica-se que houve uma maior associação com FR, TE e TSP, sugerindo que a elevação desses dois índices pode ter provocado aumento nas temperaturas superficiais dos animais, induzindo um aumento na FR como resposta da ativação dos mecanismos homeostáticos para a manutenção da homeotermia (Baccari Jr., 2001; Azevedo et al., 2005).

Não se constatou interação ($P > 0,05$) entre grupos genéticos e dias experimentais para todos os parâmetros fisiológicos avaliados, demonstrando que as variações nesses parâmetros ocorreram nos três grupos genéticos, independentemente do dia avaliado.

Os animais 1/2 HG apresentaram taxas de sudação superiores ($P < 0,05$) aos grupos genéticos 5/8 e 3/4 HG (Tabela 3). A maior taxa de sudorese observada nos animais 1/2 HG, cujo valor médio foi de $127\text{g/m}^2/\text{h}$ está de acordo com os resultados encontrados por Pires et al. (2010), que também verificaram superioridade das médias para Tsud de vacas 1/2 Holandês/Zebu ($197,5\text{g/m}^2/\text{h}$) quando comparadas aos valores médios dos grupos genéticos 3/4 ($147,3\text{g/m}^2/\text{h}$) e 7/8 HZ ($133,7\text{g/m}^2/\text{h}$), os quais não diferiram entre si.

Tabela 3. Valores médios e desvios padrão dos parâmetros fisiológicos de vacas da raça Girolando durante o verão.

GG	Parâmetros Fisiológicos			
	Tsud($\text{g/m}^2/\text{h}$)	FR(mov/min)	TE($^{\circ}\text{C}$)	TSP($^{\circ}\text{C}$)
1/2 HG	127,0 ($\pm 35,1$)a	42,0 ($\pm 10,1$)b	33,9 ($\pm 1,4$)c	33,4 ($\pm 1,2$)c
5/8 HG	104,9 ($\pm 17,0$)b	49,5 ($\pm 12,5$)a	34,6 ($\pm 1,5$)b	34,0 ($\pm 1,3$)b
3/4 HG	90,5 ($\pm 11,5$)c	58,0 ($\pm 23,5$) a	35,2 ($\pm 1,4$)a	34,7 ($\pm 1,6$)a
CV (%)	4,0	7,3	4,1	4,0

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Newman Keuls. GG – grupo genético; Tsud – taxa de sudação; FR – frequência respiratória; TE – temperatura da epiderme; TSP – temperatura da superfície do pelame; CV – coeficiente de variação.

A capacidade do organismo de perder calor para o ambiente em condições de estresse térmico torna-se fundamental para a manutenção da temperatura corporal em equilíbrio (Finch, 1984). Dessa forma, a habilidade dos animais em resistir a altas temperaturas é proporcional a sua capacidade de eliminar calor latente através da evaporação da água, que é considerada a principal via para dissipar energia térmica dos animais, por não depender de um gradiente de temperatura entre animal e ambiente (Silva, 2000; Silva & Starling, 2003; Maia et al., 2005). Em bovinos, a perda de calor por evaporação ocorre principalmente por sudorese, quando a T_a ultrapassa 21°C , segundo Shearer & Beede (1990), correspondendo a aproximadamente 80% do total das perdas evaporativas (Pires & campos, 2003; Maia et al., 2005). Animais zebuínos regulam melhor a temperatura corporal em resposta ao estresse térmico que bovinos da espécie *Bos taurus*, recorrendo ao aumento na taxa de sudorese, que é bem maior que nos taurinos (McDowell, 1975; Finch, 1986; Carvalho et al., 1995; Hansen, 2004), pois possuem sistema para efetuar evaporação cutânea mais eficiente em virtude de apresentarem glândulas sudoríparas saculiformes, de maior diâmetro e volume, mais superficiais e com maior número de estratos epiteliais (Finch, 1986; Carvalho et al., 1995; Silva, 2000).

Baseando-se nessas informações, a resposta das vacas 1/2 HG referente à T_{sud} mais elevada ($127,0\text{g/m}^2/\text{h}$) do que a média verificada nos animais 5/8 ($104,9\text{g/m}^2/\text{h}$) e 3/4 HG ($90,5\text{g/m}^2/\text{h}$) indica melhor habilidade termorregulatória desses animais com maior proporção de sangue zebuíno. Essa vantagem de perda de calor evaporativa através da sudorese foi verificada em todos os dias em que foram avaliadas as taxas de sudorese dos grupos genéticos, conforme pode ser observado na Figura 7. De acordo com Silva & Starling (2003), seleção de animais que apresentem altas taxas de sudorese pode ser uma alternativa para o desenvolvimento de programas de melhoramento de vacas leiteiras criadas em ambiente tropical.

No entanto, os valores médios para T_{sud} dos três grupos genéticos, ao longo de todo o período experimental (Figura 7), ficaram aquém dos resultados encontrados por alguns autores que também avaliaram esta característica de termorregulação em bovinos mestiços (Souza Júnior, et al., 2008; Ferreira et al., 2009; Pires et al., 2010). Este resultado pode ser atribuído à umidade elevada verificada no período (Tabela 1), que apresentou valor médio de 68,9% e máximo de 75,6%, pois, Segundo Silva & Starling

(2003), a taxa de sudação dos animais está diretamente associada ao nível de evaporação cutânea, e de acordo com Pires et al. (2010), em ambientes quentes o ar úmido saturado irá inibir a evaporação da água através da pele, porque os mecanismos evaporativos dependem do gradiente de pressão de vapor entre o animal e o ambiente, que se torna baixo em condições de umidade relativa elevada (Gebremedhin & Wu, 2002).

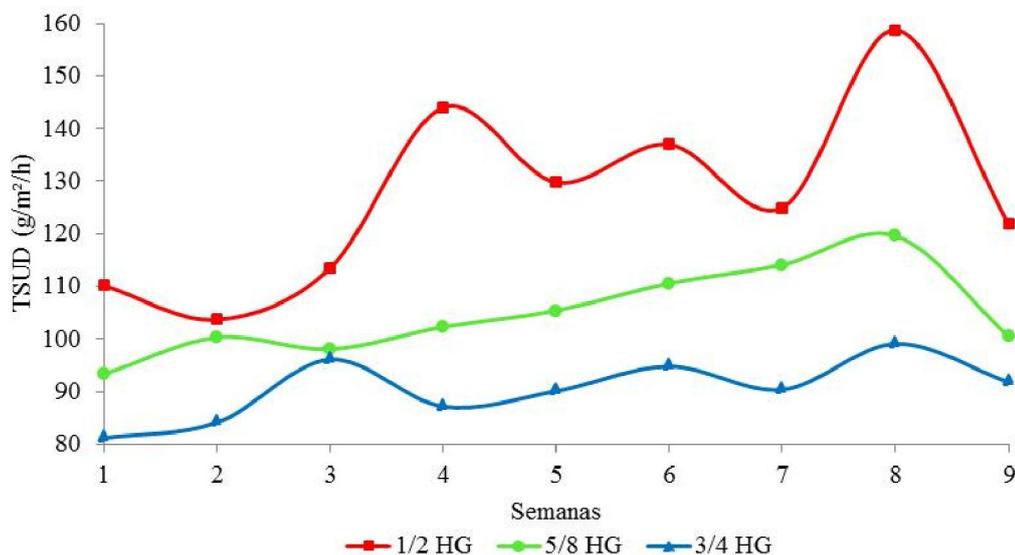


Figura 7. Variação da taxa de sudação (Tsud) de vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 HG durante o período experimental.

Outra possibilidade para este valor mais baixo de Tsud encontrado pode estar relacionada ao fato de os animais experimentais terem permanecido grande parte do dia, ao longo do experimento, especialmente nos horários mais estressantes, sob a copa das árvores existentes na área do confinamento, conforme foi verificado por Borges (2010), ao avaliar o comportamento dos mesmos animais utilizados no presente estudo, ou seja, os animais não foram desafiados suficientemente ao ponto de estimular as glândulas sudoríparas a uma maior produção de suor, pois segundo Scheleger & Turner (1965), a quantidade de suor produzido depende, além das características anatômicas e histológicas das glândulas sudoríparas, de temperatura ambiente elevada, que provocará aumento do volume sanguíneo para a epiderme, proporcionando maior estímulo e matéria prima para que a capacidade máxima de sudação seja atingida. Maia et al. (2005) observaram que sob temperaturas entre 10°C e 20°C a evaporação cutânea correspondeu de 20 a 30% do total de calor dissipado pelo organismo dos bovinos.

Contudo, quando a temperatura ultrapassou 30°C a evaporação cutânea chegou a corresponder a 85% do total das perdas evaporativas.

Entretanto, mesmo não tendo apresentado valores médios muito elevados, a T_{sud} mostrou ser um mecanismo de termorregulação bastante eficiente em ambiente térmico estressante, pois as vacas 1/2 HG, cujas médias para T_{sud} foram mais altas, mostraram FR (42 mov/min) mais baixa que os animais 5/8 (49,5 mov/min) e 3/4 HG (58,0 mov/min), que não diferiram entre si, conforme pode ser visualizado na Tabela 3. Resultado similar foi observado por Ferreira et al. (2009), ao constatarem que bovinos mestiços 1/2 HG com maior taxa de sudação usaram a FR com menor intensidade. Pires et al. (2010) consideraram como fator decisivo as taxas de sudação mais elevadas das vacas 1/2 Holandês/Zebu (HZ), para que o grupo apresentasse menores variações na FR em comparação aos animais 3/4 e 7/8 HZ.

Apesar de a termólise evaporativa cutânea ter sido utilizada de forma mais eficiente, os animais do grupo genético 1/2 HG apresentaram médias de FR (42 mov/min) acima do limite fisiológico, que segundo Stober (1993) está entre 24 e 36 mov/min. As vacas dos grupos 5/8 e 3/4 HG seguiram o mesmo padrão, apresentando médias de FR de 49,5 mov/min e 58,0 mov/min, respectivamente. O aumento na FR indica que os animais dos três grupos genéticos necessitaram ativar o mecanismo de adaptação fisiológico de dissipação de calor, através da termólise evaporativa respiratória, para diminuir o impacto do estresse térmico imposto pela combinação dos elementos climáticos, especialmente pelos valores mais elevados verificados para ITU durante todo o período experimental (Figura 6), que inclusive apresentou correlação positiva de maior magnitude com frequência respiratória.

Morais et al. (2008), avaliando características de termorregulação de vacas leiteiras mestiças Holandês/Zebu, em Quixeramobim – CE, durante dois anos consecutivos, constataram que a FR dos animais apresentou variação semelhante ao longo do período estudado, aumentando nas épocas do ano de maior CTR e maior ITGU, o que segundo os autores, as altas temperaturas associadas à umidade também elevada podem ter dificultado a termólise cutânea, obrigando os animais a fazerem uso da termólise respiratória para a manutenção do equilíbrio térmico.

As variações na FR dependem da intensidade e da duração do estresse a que estão submetidos os animais. De acordo com Silanikove (2000), FR entre 40 e 60

mov/min é indicativo de estresse brando, ou seja, pelos valores médios observados no presente estudo (Tabela 3), os três grupos genéticos, pelo menos em alguns horários do dia, estiveram sob estresse por calor. Entretanto, segundo Hanh et al. (1997), a frequência de 60 mov/min indica animais sem estresse ou que este é mínimo. O aumento da frequência respiratória, quando utilizado por períodos curtos, constitui-se num importante mecanismo de perda de calor corporal (Pires & Campos, 2003). Contudo, quando essa estratégia é usada por muito tempo, tem como consequência a redução no consumo de alimentos e na ruminação (Shearer & Beede, 1990), além de desviar energia que deveria ser utilizada nos processos produtivos (Baccari Jr., 2001; Kadzere, 2002).

Foram constatadas diferenças significativas ($P < 0,05$) para os valores médios na TE e TSP entre os três grupos genéticos (Tabela 3), tendo sido verificado para ambas as variáveis fisiológicas que as vacas do grupo 1/2 HG apresentaram médias significativamente mais baixas (33,9°C para TE e 33,4°C para TSP) quando comparadas aos valores observados para os animais 5/8 HG (34,6°C e 34,0°C para TE e TSP, respectivamente) e 3/4 HG, nas quais estes parâmetros foram os mais elevados ($P < 0,05$) dos três grupos genéticos, com valores médios para TE igual a 35,2°C e para TSP de 34,7°C.

A temperatura da superfície corporal depende principalmente das condições da temperatura do ar, umidade, radiação solar, velocidade do ar, além de características fisiológicas próprias do animal, como vascularização e evaporação pelo suor, contribuindo para a manutenção da temperatura corporal mediante trocas de calor com o ambiente (Baccari Jr., 2001). As regiões superficiais apresentam temperatura mais variável e mais dependente das influências do ambiente externo (Silva, 2000; Maia et al., 2005; Ferreira et al., 2006).

Segundo Baccari Jr. (2001), em temperatura do ar amena os bovinos dissipam calor para o ambiente por meio da epiderme, utilizando as formas sensíveis de transferência de calor. Contudo, a perda de calor por meios não evaporativos diminui à medida que a temperatura crítica superior se eleva, fazendo com que os animais fiquem dependentes da vasodilatação periférica e da evaporação da água para aumentar a dissipação de calor, mantendo, assim, a homeotermia. Dessa forma, o resultado encontrado neste trabalho, com as vacas 1/2 HG apresentando taxas de sudação mais

altas e TE e TSP mais baixas entre os três grupos genéticos, reflete mais uma vez a melhor capacidade deste grupo com composição genética mais próxima da raça zebuína, para efetuar termólise evaporativa por meio da sudação. De acordo com Baêta & Souza (2010), à medida que as perdas evaporativas aumentam, grande parte do calor é removido da epiderme por vaporização, pois a água ao passar do estado líquido para o gasoso (vapor) retira do organismo certa quantidade de calor, resultando em abaixamento da temperatura corporal e o sangue que circula pela pele torna-se mais refrigerado, com diminuição da temperatura superficial.

As temperaturas da epiderme e da superfície do pelame têm sido utilizadas por vários autores na avaliação do estresse térmico em bovinos (Martello et al., 2004; Azevedo et al., 2005; Costa e Silva et al., 2010), e de acordo com Scharf et al. (2008), a TE pode ser um indicador da capacidade de evaporação cutânea de bovinos, sendo confirmado por Costa e Silva et al. (2010), que observaram em vacas mestiças gestantes TE menor que a das fêmeas que não ficaram prenhes, em decorrência de as primeiras terem efetuado termorregulação de forma mais eficiente por meio da evaporação, segundo os autores.

CONCLUSÕES

O estresse pelo calor influencia respostas fisiológicas de vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 HG, confinadas, no período de verão.

Vacas Girolando 1/2 HG demonstram maior adaptabilidade ao calor comparadas as 3/4 HG, com as 5/8 situando-se numa posição intermediária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, M.; PIRES, M.F.A.; SATURNINO H.M. et al. Estimativa de níveis críticos superiores de índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2000-2008, 2005.
- BACCARI Jr., F. **Manejo Ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142p.
- BAETA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em Edificações Rurais – Conforto Animal**. 2ª Ed. Viçosa: Editora da UFV. 2010. 269p.
- BEEDE, D.K.; MALLONEE, P.G.; SCHNEIDER, P.L. et al. Potassium nutrition of heat-stressed lactating dairy cows. **South African Journal Animal Science**, v.13, n.3, p.198-200, 1983.
- BORGES, C.R.A. **Comportamento de vacas da raça Girolando, confinadas ou a pasto, no estado de Pernambuco**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010. 50f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A; CANTON, G.H. et al. Black Globe-Humidity Index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n.3, p. 711-714, 1981.
- CARVALHO, F.A.; LAMMOGLIA, M.A.; SIMÕES, M.J. et al. Breed affects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress. **Journal Animal Science**, v.73, n.12, p.3570-3573, 1995.

COSTA e SILVA, E.V.; KATAYAMA, K.A.; MACEDO, G.G. et al. Efeito do manejo e de variáveis bioclimáticas sobre a taxa de gestação em vacas receptoras de embriões. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v.11, n.2, p. 280-291, 2010.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: **Diagnóstico do Município de Paudalho Estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/pernambuco/relatorios/PAU115.pdf>

ESMAY, M.L. Principles of animal environment. Westport: **The AVI Publishing Company**, 1979. 325 p. (Environmental Engineering in Agriculture and Food Series).

FACÓ, O.; LOBO, R.N.B.; MARTINS FILHO, R. et al. Idade ao primeiro parto e intervalo de parto de cinco grupos genéticos Holandês X Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1920-1926, 2005.

FERREIRA, F.; PIRES, M.F.A.; MARTINEZ, M.L. et al. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p. 732-738, 2006.

FERREIRA, F.; CAMPOS, W.E.; CARVALHO, A.U. et al. Taxa de sudação e parâmetros histológicos de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina veterinária e Zootecnia**, v.61, n.4, p.763-768, 2009.

FINCH, V.A. Heat as a stress factor in herbivores under tropical conditions. In: GILCHRIST, F.M.G.; MACKIE, R.I. (Ed). **Herbivore nutrition in the subtropics and tropics**. Grighall: The Sciences Press, p.89-105, 1984.

FINCH, V.A. Body temperature in beef cattle: its relevance to production in the tropics. **Journal Animal Science**, v.62, n.2, p.531-542, 1986.

- GEBREMEDHIN, K.G.; WU, B. Simulation of sensible and latent heat losses from wet-skin surface and fur layer. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v.27, n.4, p.291-297, 2002.
- HAHN, G.L. Compensatory performance in livestock: influences on environmental criteria. In: Yousef, M.K. **Stress physiologic**. Boca Raton: CRC Press, v.2, 1985. p.52-145.
- HAHN, G.L.; PARKHURST, A.M.; GAUGHAN, J.B. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. **Transactions of the ASAE**, v.40, n.6, p.97-121, 1997.
- HANSEN, P.J. Physiological and cellular adaptations of Zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, v.82-83, n.1, p.349-360, 2004.
- HUBER, J.T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico. In: BOVINOCULTURA LEITEIRA, 1990. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1990. p.33-48.
- KADZERE, C.T.; MURPHY, M.R.; SILANIKOVE, N. et al. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v.77, n.1, p.59-91, 2002.
- KELLY, C.F.; BOND, T.E. Bioclimatic factors and their measurements. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, ed. **A guide to environmental research on animals**. Washington: National Academy of Science, 1971. p.71-92.
- MAIA, A.S.C.; SILVA, R.G.; LOUREIRO, C.M.B. Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. **International Journal Biometeorology**, v.50, n.1, p.17-22, 2005.
- McDOWELL, R.E. **Bases biológicas de la producción animal em zonas tropicales**. Zarazoga: Editora Acribia, 1975. 687p.

MARTELLO, L.S.; SAVASTANO Jr., H; SILVA, S.L. et al. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.181-191, 2004.

MORAIS, D.A.E.F.; MAIA, A.S.C.; SILVA, R.G. et al. Variação anual de hormônios tereóideanos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.538-545, 2008.

NÄÄS, I.A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Editora Ícone. 1989. 183p.

NATIONAL WEATHER SERVICE – Central Region. **Livestock Hot Weather Stress**. Letter C-31-76, 1976.

PIRES, M.F.A.; CAMPOS, A.T. Relação dos dados climáticos com o desempenho animal. In: RESENDE, H.; CAMPOS, A.T.; PIRES, M.F.A. (Orgs.). **Dados climáticos e sua utilização na atividade leiteira**, 1 ed., Juiz de Fora: CNPGL, v.1, 2003. 250p.

PIRES, M.F.A; AZEVEDO, M.; SATURNINO, H.M. Adaptação de animais mestiços em ambiente tropical. **Informe Agropecuário**, v.31, n.258, p.30-38, 2010.

SCHARF, B.; MAX, L.E.; AIKEN, E. et al. regional differences in sweat rate response of steers to short-term heat stress. **International Journal Biometeorology**, v.52, n.8, p.725-732, 2008.

SCHLEGER, A. V.; TURNER, H. G. Sweating rates of cattle in the field and their reaction to diurnal and seasonal changes. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.16, n.1, p.92-106, 1965.

- SHEARER, J.K.; BEEDE, D.K. Heat stress, Part 1: Thermoregulation and physiological responses of dairy cattle in hot weather. **Agricultural Practice**, v.11, n.4, p.5-17, 1990.
- SCHNEIDER, P.L.; BEEDE, D.K.; WUILCOX, C.J. Nycterohemeral patterns of acid-base status, mineral concentrations and digestive function of lactating cows in natural or chamber heat stress environment. **Journal Animal Science**, v.66, n.1, p.112-125, 1988.
- SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, n.1, p.1-18, 2000.
- SILVA, R.G. **Introdução à Bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.
- SILVA, R.G.; STARLING, J.M.C. Evaporação cutânea e respiratória em ovinos sob altas temperaturas ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1-6, 2003.
- SILVA, R.G.; MORAIS, D.A.E.F.; GUILHERMINO, M.M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1192-1198, 2007.
- SILVA, R.G. **Biofísica Ambiental: os animais e seu ambiente**. São Paulo: FUNEP, 2008. 306p.
- SOUSA Jr., S.C.; MORAIS, D.A.E.F.; VASCONCELOS, A.M. et al. Características termorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos em diferentes épocas do ano em região semi-árida. **Revista Científica de Produção Animal**, v.10, n.2, p.127-137, 2008.

STOBER, M. Identificação, anamnese, regiões básicas da técnica do exame clínico. In: ROSEMBERG, (Ed.). **Exame Clínico dos Bovinos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. 419p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG**. Versão 9.1. Viçosa, MG, 2007. 142p.

WEST, J.W. Physiological effects of heat stress on production and reproduction. In: TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 2002, Fort Wayne. **Proceedings...** Fort Wayne. M. D. Eastridge Ed., 2002. p. 1-9.

CAPÍTULO III

**Termorregulação de vacas da raça Girolando mantidas em pastejo
durante o período de inverno**

Termorregulação de vacas da raça Girolando mantidas em pastejo durante o período de inverno

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar respostas fisiológicas ao estresse pelo calor de vacas leiteiras de três grupos genéticos: 1/2, 5/8 e 3/4 Holandês-Gir (HG), sob pastejo, no período de inverno, distribuídas num delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas. Foram utilizados 15 animais, sendo cinco vacas de cada grupo genético. A determinação da taxa de sudação (Tsud), frequência respiratória (FR), temperatura da epiderme (TE) e temperatura de superfície de pelame (TSP) dos animais foram realizadas uma vez por semana, durante 10 semanas, de junho a agosto de 2010. O ambiente foi monitorado por meio de uma estação meteorológica automática e os dados das variáveis ambientais usados para calcular os índices de conforto térmico. Foram verificadas correlações significativas entre as variáveis ambientais e índices de conforto térmico com a taxa de sudação e demais parâmetros fisiológicos. As vacas 1/2 HG apresentaram maior Tsud e menor FR, enquanto nas vacas 3/4 HG a FR foi a mais elevada e a Tsud a mais baixa dos três grupos genéticos. Para os animais 5/8 HG as médias de Tsud e FR ficaram em posição intermediária. A TE foi menor para o grupo 1/2 HG, não diferindo entre os animais 5/8 e 3/4 H/G e a TSP não diferiu entre os três grupos genéticos. Concluiu-se que as condições do ambiente térmico influenciam a termorregulação dos grupos genéticos, sendo as vacas 1/2 HG mais tolerantes ao calor que os animais dos grupos 5/8 e 3/4 HG, com as vacas 3/4 demonstrando maior sensibilidade dos três grupos genéticos.

Palavras-Chaves: bovino, conforto térmico, frequência respiratória, taxa de sudação

Thermoregulation of cows breed Girolando under grazing in the winter

ABSTRACT

This study was carried to evaluate the characteristics of thermoregulation of dairy cows from three genetic groups: 1/2, 5/8 and 3/4 Holstein-Gir (HG), under grazing in the rainy season distributed in a completely randomized split plot. Fifteen animals were used with five dairy cows from each breed group. The determination of the sweating rate (SR), respiratory rate (RR), skin temperature (ST) and hair coat surface temperature (HST) was measured once a week for 10 weeks from June to August 2010. The environment was monitored by automatic weather station and data environmental variables used to calculate thermal comfort indices. There were significant correlations between environmental variables and indices of comfort with the rate sweating and other physiological parameters. The 1/2 HG dairy cows showed the higher SR and the lower RR, while in 3/4 HG cows the RR was the highest and the lowest SR of the three genetic groups. For 5/8 HG cows the SR and RR were intermediate. The ST was lower for 1/2 HG cows did not differ between 5/8 and 3/4 HG animals. The HST did not differ among the three genetic groups. It was concluded that the conditions of the thermal environment affect thermoregulation, and 1/2 HG cows display greater heat tolerance than 5/8 and 3/4 HG cows, with 3/4 HG cows show highest sensitivity of the three genetic groups.

Key Words: cattle, respiratory rate, sweating rate, thermal comfort

INTRODUÇÃO

A capacidade dos animais em resistir a ambientes térmicos adversos depende de sua habilidade em dissipar calor para esse mesmo ambiente. Os elementos climáticos temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e fluxo do ar estão em constante variação, tanto no tempo como no espaço, tornando o ambiente térmico bastante complexo (Baêta & Souza, 2010). Regiões tropicais caracterizam-se pela elevada temperatura ambiente decorrente da intensa radiação solar. Em algumas situações, a umidade também elevada restringe ainda mais o desempenho produtivo dos animais (West, 2002).

Sob condição ambiental adversa, os mecanismos sensíveis de transferência térmica tornam-se ineficientes, pois dependem do gradiente de temperatura entre o animal e o ambiente (Silva, 2008), e os processos evaporativos passam a ser a principal via para dissipação de calor, que são mais eficientes em condição de baixa umidade e alta velocidade do vento (Gebremedhin & Wu, 2002). Como a evaporação respiratória tem um custo para o organismo, a evaporação cutânea pode contribuir com até 85% da dissipação evaporativa total de calor, tornando-se uma importante via de manutenção da homeostase corporal (Maia et al, 2005). Bovinos que têm maior capacidade de sudação irão utilizar com menor intensidade a evaporação respiratória, sendo mais adequados para regiões tropicais (Hansen, 2004).

A taxa de sudação em vacas leiteiras é uma característica adaptativa e depende da umidade relativa do ar, temperatura da pele, espessura do pelame, tamanho, densidade, estrutura e funcionalidade das glândulas sudoríparas (Silva, 2000). Sob temperaturas elevadas ocorre aumento do volume de sangue para a epiderme, proporcionando às glândulas sudoríparas estímulo e matéria prima para que o animal atinja sua capacidade máxima de sudorese (Scheleger & Turner, 1965). Vacas leiteiras de raças zebuínas e seus mestiços, sob temperaturas extremas, têm maior habilidade em manter o equilíbrio térmico que as raças taurinas, pois a evaporação cutânea é mais acentuada (Hansen, 2004), por apresentarem glândulas sudoríparas em maior número, com maior volume e diâmetro, em formato saculiforme, distribuídas mais superficialmente e com mais células na camada superficial (Carvalho et al., 1995; Silva, 2000).

A radiação solar direta ou indireta é um dos elementos climáticos de grande importância nos sistemas de criação extensivo e semi-extensivo, que em muitos casos fazem a diferença entre um ambiente tolerável e outro insuportável (Silva, 2008). Portanto, a capacidade da raça ou grupo genético de dissipar calor, especialmente por sudação, tem grande importância na manutenção do equilíbrio térmico. A raça Girolando conjuga a rusticidade da raça Gir e a produção da raça Holandês, qualidades imprescindíveis para a produção leiteira nos trópicos (Facó et al., 2005). Entretanto, apesar de apresentar boa adaptabilidade ao clima tropical, as diferenças na composição genética dos diversos grupos os tornam sujeitos a sofrer estresse pelo calor, especialmente quando há uma maior proporção da raça europeia.

Neste contexto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar as respostas fisiológicas ao estresse pelo calor de vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 Holandês-Gir, em sistema de criação a pasto, no inverno, e comparar os grupos genéticos com relação à adaptabilidade às condições ambientais.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Fazenda Avimalta, localizada em Paudalho – PE. O município situa-se na Zona da Mata de Pernambuco, Microrregião da Mata Setentrional, a 70m de altitude com 7°54' de latitude sul e 35°8' de longitude oeste. A prevalência de chuvas se dá nos meses de março a julho, com precipitação pluviométrica anual média de 1634 mm. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é o As' (tropical úmido com verões quentes); as temperaturas máximas e mínimas ocorrem nos meses de dezembro e julho, respectivamente (CPRM, 2005).

O registro dos dados ocorreu de 07 de junho até 11 de agosto de 2010, com um período de 15 dias antes do início do experimento destinado à adaptação dos animais ao manejo e ao processo de aferição das medidas fisiológicas. Foram utilizadas 15 vacas em lactação da raça Girolando registradas, com peso médio de 545 kg, sendo cinco vacas de cada um dos seguintes grupos genéticos: 1/2 Holandês-Gir (HG), 5/8 e 3/4 H/G. A produção média diária de leite dos animais foi de 12, 14 e 13,5 kg/leite/dia para os grupos genéticos 1/2, 5/8 e 3/4 HG, respectivamente.

Os animais foram mantidos em pastagens de capim tifton (*Cynodon sp.*), juntamente com as demais vacas em lactação da propriedade (Figura 1), em piquetes providos com bebedouros e cochos para sal mineral e dispendo de sombreamento natural proporcionado por diversas árvores de algaroba (*Prosopis juliflora*). Após as ordenhas da manhã e da tarde as vacas receberam uma ração suplementar, numa área coberta junto à sala de ordenha (Figura 2), à base de capim elefante picado, casca de mandioca e ração concentrada, distribuída de acordo com a produção e com o manejo adotado na propriedade. As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia, mecanicamente, às 4h e às 14h. A produção de leite de cada um dos animais foi registrada por meio de controle leiteiro realizado quinzenalmente pela própria fazenda.

Os animais experimentais foram identificados com fita colorida amarrada ao cabresto, para facilitar a separação das demais vacas em lactação no momento das ordenhas.



Figura 1. Vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 HG sob pastejo.



Figura 2. Instalação para alimentação suplementar dos animais.

A taxa de sudção dos animais foi avaliada uma vez na semana, durante 10 semanas consecutivas. A medida foi determinada apenas no turno da tarde, sempre após as vacas serem ordenhadas, pelo método colorimétrico de Scheleger & Turner (1965), que consistiu em se observar o tempo necessário para a mudança de coloração de azul violácea para rosa claro de três discos de papel, fixados numa região de pele do flanco, previamente depilada e limpa com álcool e éter. Os discos foram preparados usando-se papel de cromatografia, tipo Whatman, número 1, de 0,5cm de diâmetro, imersos em solução de cloreto de cobalto hexahidratado, e secos em estufa a 90°C até atingir a cor

azul violácea. Após secos, os discos foram fixados com fita adesiva em lâminas de vidro e mantidos em dessecador até o momento da utilização. A variável foi mensurada pelo mesmo observador com o auxílio de cronômetro digital. A média dos valores, observados nos três discos, foi aplicada na seguinte equação proposta por Silva (2000): $T_{sud} = 38446,6019/t$, em que T_{sud} é a taxa de sudação em $g/m^2/hora$; t é o tempo médio, em segundos, para mudança de cor nos três discos.

Para cada observação da taxa de sudação foram obtidas, simultaneamente, a frequência respiratória (FR) e as temperaturas da epiderme (TE) e da superfície do pelame (TSP) de cada vaca. A frequência respiratória foi mensurada pela contagem dos movimentos respiratórios no flanco dos animais durante 30 segundos e o valor encontrado multiplicado por dois para se obter o número de movimentos respiratórios/min. A TE e a TSP foram aferidas utilizando-se um termômetro infravermelho digital com mira laser, colocado próximo à pele e ao pelame (no mesmo local usado para avaliação da taxa de sudação), na região do flanco.

Foi instalada uma estação meteorológica automática nas proximidades do local onde os animais foram mantidos, para monitoramento do ambiente térmico. A estação foi programada para registrar a cada hora os dados referentes à temperatura do ar (T_a), à umidade relativa do ar (UR), à velocidade dos ventos (V_v), à radiação solar global (R_s) e à precipitação pluvial (PP); além do registro diário das mínimas e máximas de T_a , UR e chuva acumulada do dia. Todos os dados registrados foram armazenados no Datalogger da estação e transferidos semanalmente para um computador.

Um globotermômetro foi colocado junto à estação para obtenção da temperatura de globo negro (T_{gn}), sendo aferida a cada duas horas, nos dias de avaliação dos parâmetros fisiológicos. Utilizou-se a T_{gn} tanto para calcular o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), segundo Buffington et al. (1981), como para obtenção da carga térmica radiante (CTR), por meio da equação citada por Esmay (1979). O cálculo do ITU foi realizado utilizando-se a equação proposta por Kelly & Bond (1971).

Foram calculadas as médias das variáveis ambientais (T_a , UR, T_{gn} , V_v) e dos índices de conforto ITU, ITGU e CTR, utilizando-se os valores dessas variáveis registradas nos horários entre 15h e 17h, dos dias em que foi determinada a taxa de sudação e demais parâmetros fisiológicos, sendo todas essas médias utilizadas posteriormente nas análises estatísticas.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, com dias de registro dos dados na subparcela e grupos genéticos na parcela principal, com cinco repetições. Os dados obtidos foram submetidos inicialmente às pressuposições de normalidade e homocedasticidade. Para as variâncias que não apresentaram distribuição normal transformaram-se os dados em logarítmico decimal. Foram realizadas correlações de Pearson entre as variáveis meteorológicas e os parâmetros fisiológicos e a análise de variância dos parâmetros fisiológicos. Uma vez que as pressuposições da ANOVA foram satisfeitas, as médias foram comparadas pelo teste de Newman Keuls no nível de 0,05 de significância. Quando foi constatada interação entre as variáveis procedeu-se uma análise de regressão dos dados. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados por meio do SAEG, versão 9.1 (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se, na Tabela 1, que tanto o valor médio da temperatura do ar igual a 25,5°C como a temperatura máxima média igual a 28,5°C estiveram fora da faixa de 4 a 24°C considerada por Nääs (1989) como sendo de conforto térmico para vacas em lactação. A umidade relativa mostrou-se elevada, encontrando-se acima de 70%, valor limite para o conforto de bovinos leiteiros da raça Holandês (Nääs & Arcaro Jr., 2001). Essas duas variáveis influenciaram o valor médio observado para ITU (75,2), o que de acordo com Armstrong (1994) caracteriza estresse ameno para vacas leiteiras da espécie *Bos taurus*. A Tgn média esteve acima de 29°C, valor crítico capaz de reduzir a produção leiteira (Beede et al., 1983). A Tgn elevada contribuiu para o aumento do ITGU, que apresentou valor médio de 78,4, podendo ser considerado como condição de alerta de acordo com a classificação feita pelo National Weather Service – USA (1976), que considerou ITGU até 74 como situações de conforto; entre 75 e 78, situação de alerta; de 79 a 84, de perigo, e acima de 85, situação de emergência, especialmente para animais de alta produção da raça Holandês.

Tabela 1. Valores médios e variação dos elementos climáticos e índices de conforto térmico registrados nos dias e horários de avaliação dos parâmetros fisiológicos no período de inverno

	Média	Variação	
Ta (°C)	25,5	22,3	28,4
Tmax (°C)	28,5	25,5	31,1
Tmin (°C)	21,1	20,0	22,6
UR (%)	77,2	65,5	94,0
Tgn (°C)	29,3	23,3	34,3
Vv (m/s)	1,9	1,2	2,9
ITU	75,2	71,6	78,4
ITGU	78,4	72,5	83,3
CTR (W/m ²)	551,3	454,8	646,0

Ta – temperatura do ar; Tmax – temperatura máxima do dia; Tmin – temperatura mínima do dia; UR – Umidade relativa; Tgn – temperatura do globo negro; Vv – velocidade dos ventos; ITU – índice de temperatura e umidade; ITGU – índice de temperatura de globo negro e umidade; CTR – carga térmica radiante.

A precipitação pluviométrica registrada durante todo período experimental foi de 611 mm, sendo, no entanto, de 38,0 mm nos dias em que os parâmetros fisiológicos foram avaliados, distribuída da seguinte forma: 12,5 mm no mês de junho, 11,0 mm em julho e 15,5 mm em agosto.

As principais variáveis ambientais e os índices de conforto térmico utilizados estiveram acima dos valores considerados como sendo confortáveis para vacas lactantes, em que não há necessidade de mobilização dos mecanismos termorreguladores para dissipação do calor (Baccari Jr., 2001). Entretanto, valores críticos dos elementos climáticos e dos índices de conforto térmico aplicados para bovinos leiteiros foram obtidos na sua maioria a partir de observações realizadas em regiões de clima temperado, utilizando animais da espécie *Bos taurus*, especialmente a raça Holandês. A raça Girolando tem na sua formação a participação da raça Gir, de origem indiana, que de acordo com Hansen (2004) são mais termotolerantes que bovinos europeus.

Azevedo et al. (2005) estimaram, baseando-se na FR, valores críticos superiores para ITU iguais a 79, 77 e 76 para vacas 1/2, 3/4 e 7/8 Holândes-Zebu, respectivamente. Dessa forma, o valor médio de ITU igual a 75,2, verificado no período experimental, apresentou, provavelmente, condição de conforto para os três grupos genéticos (1/2, 5/8 e 3/4 HG) do presente estudo. No entanto, de acordo com Rocha (2008), a observação do valor de ITU máximo seria mais confiável do que o valor de ITU médio para avaliar estresse pelo calor para vacas leiteiras mestiças. Segundo McDowell (1975), as médias dos elementos climáticos são importantes, mas os valores máximos e mínimos devem ser considerados para se avaliar os extremos de cada um e a margem de variações diárias.

Ao considerar o valor de 78,4 verificado para ITU máximo, é possível afirmar que em alguns momentos os animais estiveram sob condição de estresse térmico necessitando dissipar calor, especialmente nas primeiras semanas do período experimental em que ITU e ITGU apresentaram-se mais elevados (Figura 3). De acordo com Kendal et al. (2006), mesmo em pequenas alterações de conforto ambiental, os animais ativam o sistema termorregulatório para manutenção da homeotermia. Essa elevação dos índices ITU e ITGU, verificada nas primeiras semanas experimentais,

ocorreu em função, principalmente, dos valores mais altos tanto da Ta como da Tgn, conforme pode ser observado na Figura 4.

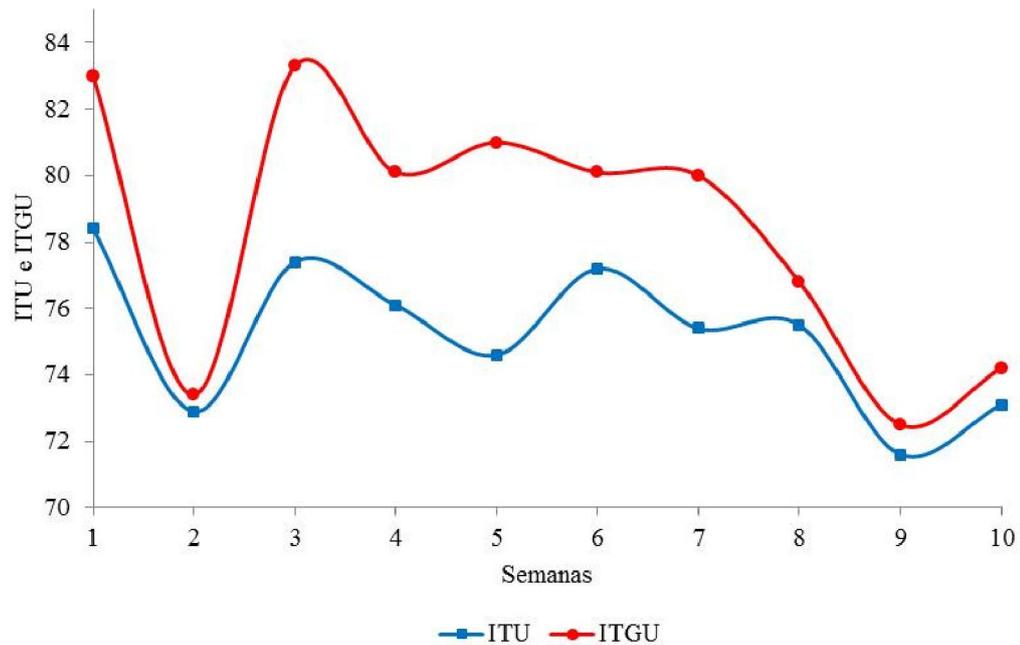


Figura 3. Variação do índice de temperatura e umidade (ITU) e do índice de globo negro e umidade (ITGU) no período experimental.

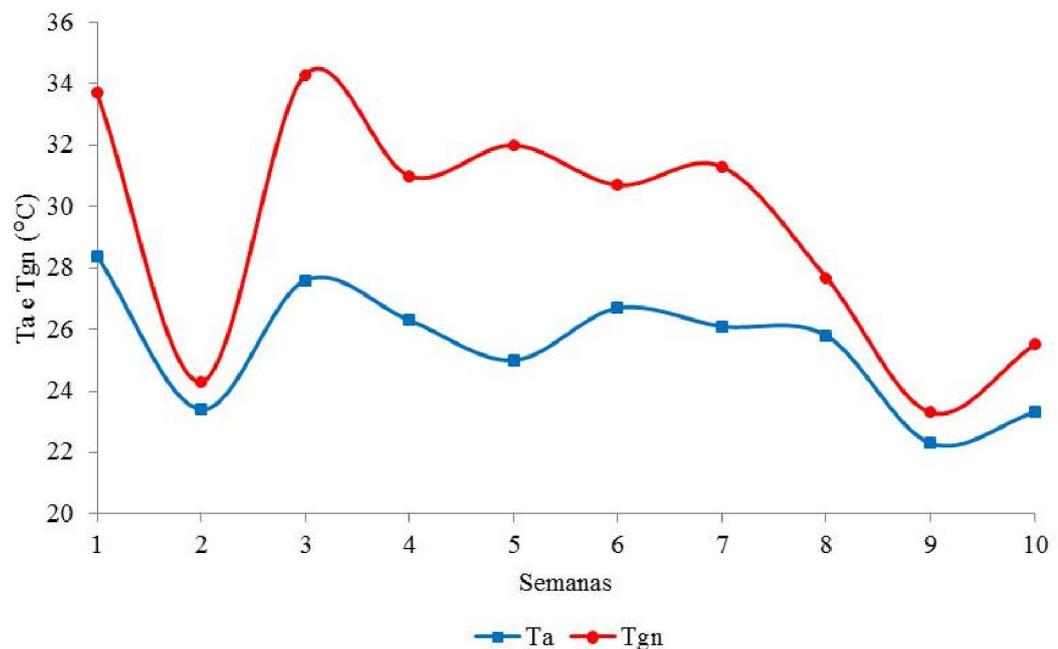


Figura 4. Variação da temperatura do ar (Ta) e da temperatura de globo negro (Tgn) no período experimental.

O valor médio de 1,9 m/s verificado para Vv encontra-se dentro da faixa de 1,3 a 1,9 m/s, considerados como ideais por McDowell (1975), para a maioria dos animais domésticos. A velocidade do fluxo do ar tem grande importância na termorregulação, pois contribui para a termólise convectiva, amenizando a sensação de calor em ambientes de clima quente.

Foram verificadas correlações significativas entre as variáveis ambientais e os índices de conforto térmico com a taxa de sudação e os demais parâmetros fisiológicos, como podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis meteorológicas e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Girolando no período de inverno

Variáveis Climáticas	Tsud	FR	TE	TSP
Ta	0,3435**	0,4889**	0,3546**	0,5429**
Tmax	0,3507**	0,4736**	0,3103**	0,5026**
Tmin	0,2537**	0,5017**	0,2916**	0,4604**
UR	-0,3118**	-0,4177**	-0,3432**	-0,5136**
Vv	--	0,1397*	--	0,1357*
Tgn	0,2940**	0,4357**	0,3625**	0,5264**
ITU	0,3520**	0,4908**	0,3524**	0,5442**
ITGU	0,3019**	0,4497**	0,3638**	0,5327**
CTR	0,2163**	0,3428**	0,3036**	0,4274**

(*) - significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$);

(**) - significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$);

(--) não significativo; Ta – temperatura do ar (°C); Tmax – temperatura máxima do dia (°C); Tmin – temperatura mínima do dia (°C); UR – Umidade relativa (%); Vv – velocidade dos ventos (m/s); Tgn – temperatura do globo negro (°C); ITU – índice de temperatura e umidade; ITGU – índice de temperatura do globo e umidade; CTR – carga térmica radiante (W/m^2); Tsud – taxa de sudação ($g/m^2/hora$); FR – frequência respiratória (mov/min); TE – temperatura da epiderme (°C); TSP – temperatura de superfície do pelame (°C).

Pela análise da Tabela 2 verifica-se que a Ta, temperatura máxima, e ITU foram as variáveis que tiveram mais influência na termorregulação dos animais, pela correlação positiva de maior magnitude com a taxa de sudação e com os demais parâmetros fisiológicos avaliados (FR, TP e TSP). A umidade relativa cujo valor médio e máximo foi de 77,2% e 94%, respectivamente, correlacionou-se negativamente com todas as variáveis fisiológicas, ou seja, a elevação da UR reduziu a sudorese e o

equilíbrio térmico dos animais, confirmando a importância dessa variável ambiental na eficiência do processo evaporativo (Silva, 2000).

A CTR e ITGU apresentaram correlações positivas e mais altas com a TSP, resultado esperado em virtude da condição de pastejo dos animais, refletindo a influência da radiação solar sobre esse parâmetro fisiológico. Verificou-se correlação positiva ($P < 0,05$) de pequena magnitude da Vv com FR e TSP. O vento tem influência na termorregulação, pois facilita a evaporação do suor, além de acelerar a convecção se a temperatura do ar estiver abaixo da temperatura da pele. Entretanto, os efeitos benéficos do vento dependerão da temperatura do ar e da umidade (Baccari Jr., 2001). A elevação do fluxo do ar contribui para aumentar a temperatura radiante média, que dependendo da intensidade pode interferir na manutenção da homeotermia dos animais.

Na Tabela 3 encontram-se os resultados relacionados à Tsud, FR, TE e TSP. Comparando-se as médias para a taxa de sudação dos três grupos genéticos avaliados, verifica-se que as vacas 1/2 HG apresentaram valores médios ($110,2 \text{ g/m}^2/\text{h}$) significativamente superiores ($P < 0,05$) às médias das vacas 5/8 e 3/4 HG, que foram de $91,3 \text{ g/m}^2/\text{h}$ e $79,6 \text{ g/m}^2/\text{h}$, respectivamente. Esse resultado confirma a maior capacidade de evaporação cutânea dos zebuínos ou animais com composição genética mais próxima da espécie *Bos indicus*, que apresenta um sistema termorregulatório mais eficiente e uma menor produção de calor metabólico (Hansen, 2004). Resultado similar também foi verificado por Pires et al. (2010), que observaram taxa de sudação mais alta para vacas mestiças 1/2 HZ em comparação com as médias dos animais 3/4 e 7/8 HZ, que não diferiram entre si.

Tabela 3. Valores médios e desvios padrão dos parâmetros fisiológicos de vacas da raça Girolando no período de inverno

GG	Parâmetros Fisiológicos			
	Tsud($\text{g/m}^2/\text{h}$)	FR(mov/min)	TE($^{\circ}\text{C}$)	TSP($^{\circ}\text{C}$)
1/2 HG	110,2 ($\pm 20,8$)a	28,5 ($\pm 4,9$)c	32,9 ($\pm 2,2$)b	31,8 ($\pm 2,6$)a
5/8 HG	91,3 ($\pm 19,5$)b	35,9 ($\pm 7,8$)b	34,1 ($\pm 2,4$)a	32,8 ($\pm 2,9$)a
3/4 HG	79,6 ($\pm 18,7$)c	43,8 ($\pm 18,3$)a	34,4 ($\pm 2,8$)a	32,6 ($\pm 3,1$)a
CV (%)	5,2	7,2	7,5	9,0

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Newman Keuls. GG – grupo genético; Tsud – taxa de sudação; FR – frequência respiratória; TE – temperatura da epiderme; TSP – temperatura da superfície do pelame; CV – coeficiente de variação.

Avaliando as características histológicas das glândulas sudoríparas e algumas respostas fisiológicas de bovinos de raças europeia importadas, bovinos de origem europeia naturalizada e animais zebuínos também naturalizados, sob condição de estresse calórico, Carvalho et al. (1995) concluíram que a melhor adaptação das raças zebuínas pode estar relacionada com a histometria das glândulas sudoríparas, com maior número de estratos epiteliais, o que facilita a manutenção da temperatura corporal de forma mais eficiente, pela maior evaporação cutânea.

As médias de Tsud encontradas nesse estudo foram menores que as relatadas na literatura (Scharf et al., 2008; Ferreira et al., 2009; Pires et al., 2010). Essa diferença ocorreu provavelmente pela elevada umidade relativa do ar, consequência do período chuvoso, com valor médio e máximo de 77,2% e 94%, respectivamente. Nos dias em que a umidade mostrou-se mais elevada houve queda nos valores médios da Tsud nos três grupos genéticos, sendo mais acentuada nos animais 3/4 e 5/8 HG, como pode ser observado na Figura 5. Segundo Pires & Campos (2003), umidade relativa acima de 70% torna o processo de evaporação cutânea ineficiente, principalmente quando a Ta ultrapassa 24°C, situação verificada no período experimental, em que o valor médio de Ta foi 25,5°C (Tabela 1).

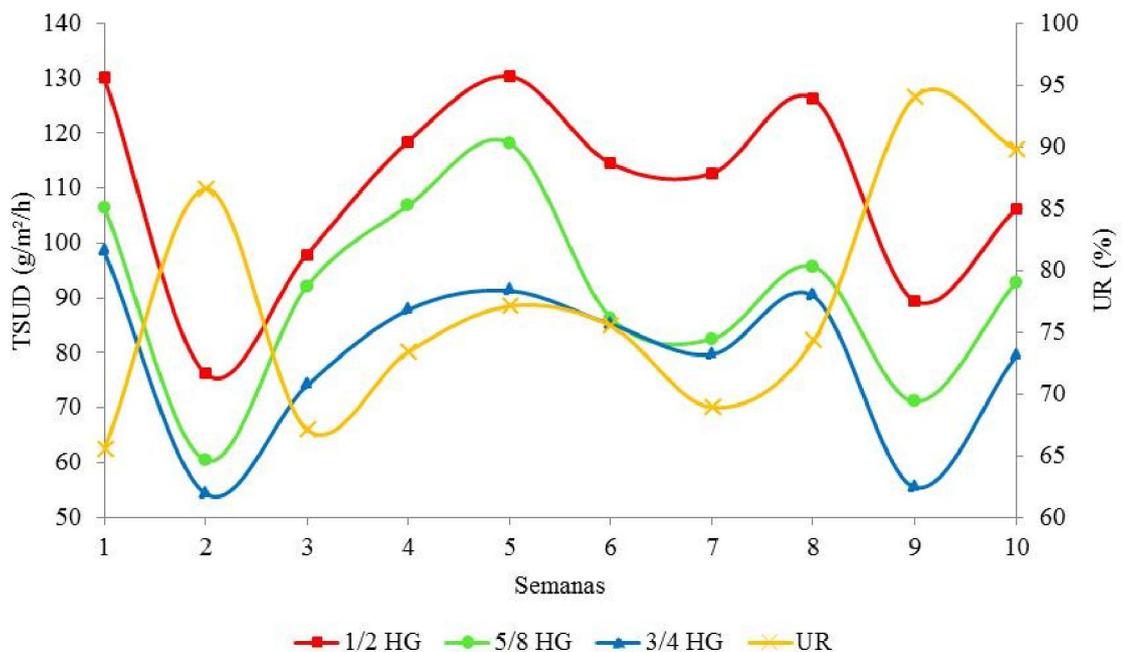


Figura 5. Efeito da umidade relativa (UR) sobre a taxa de sudação (TSUD) em vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 HG.

Os mecanismos evaporativos são mais eficientes em condição de baixa umidade e fluxo do ar elevado, porque a UR elevada promove uma diminuição do gradiente de pressão do vapor de água entre o animal e o ambiente, limitando a habilidade do animal em perder calor por evaporação (Gebremedhin & Wu, 2002). De acordo com Silva & Starling (2003), a taxa de sudação dos animais está diretamente associada ao nível de evaporação cutânea. Finch (1985) relatou que a taxa de sudação em bovinos Brahman expostos à estresse térmico não foi afetada pela umidade do ar circundante, enquanto a taxa de sudorese de bovinos da raça Shorthorn foi reduzida com o aumento da umidade do ar.

Sousa Jr. et al. (2008) também verificaram redução na termólise evaporativa cutânea de vacas leiteiras mestiças em condição de semiárido, no período chuvoso, em comparação com as médias observadas na época seca, com valores médios para T_{sud} de 174,9g/m²/h e 224,3g/m²/h nas épocas chuvosa e seca, respectivamente, sendo, no entanto, mais elevadas que as relatadas no presente trabalho.

Segundo Hansen (2004), bovinos que suam mais usam a FR com menos intensidade. Ferreira et al. (2009) verificaram relação inversa entre ofegação e taxa de sudação de bovinos mestiços 1/2 HG, ou seja, os animais com maior evaporação cutânea apresentaram médias de FR menores. Avaliando as médias para FR na Tabela 3, percebe-se que ocorreu resultado semelhante: as vacas 1/2 HG cujas médias de T_{sud} foram maiores (110,2g/m²/h) apresentaram valor de FR (28,5 mov/min) menor ($P < 0,05$), enquanto nos animais 3/4 HG, a FR foi maior (43,8 mov/min) e a taxa de sudação a menor (79,6g/m²/h) dos três grupos genéticos. As vacas 5/8 HG ficaram numa posição intermediária, tanto para o valor de T_{sud} (91,3g/m²/h) como para FR (35,9 mov/min).

Os valores de FR verificados para os grupos genéticos 1/2 e 5/8 HG encontram-se dentro dos limites fisiológicos de 24 a 36 mov/min (Stober, 1993). Para as vacas 3/4 HG verificou-se média de 43,8 mov/min, sugerindo que os animais precisaram utilizar mais a termólise respiratória para manter a homeotermia e evitar o estresse térmico. Segundo Hahn et al. (1997), FR até 60 mov/min é indicativo de ausência de estresse. Entretanto, de acordo com Silanikove (2000), animais apresentando FR entre 40 a 60 mov/min encontram-se sob estresse brando. Para evitar o estresse térmico, os bovinos recorrem a mecanismos de adaptação fisiológicos de dissipação de calor, e a taquipneia pode ser usada como mecanismo adicional à perda de calor por sudação, constituindo-

se, ambos, importantes meios de termorregulação (Baccari Jr., 2001). Essa estratégia é bastante eficiente, pois, dependendo da T_a , permite que o animal elimine cerca de 30% do calor corporal (Pires & Campos, 2003). Entretanto, a dissipação de calor pela evaporação respiratória contribui para a redução da temperatura corporal, tendo, porém, custo energético elevado, pois provoca desvio da energia que poderia estar sendo usada nos processos produtivos (Baccari Jr., 2001).

A análise de variância mostrou haver interação grupo genético x dias de registro dos dados para a FR ($P < 0,05$). Para melhor entendimento dessa variável fisiológica ao longo dos dias experimentais, realizou-se a análise de regressão para cada grupo genético, considerando FR como variável resposta. Pela observação da Figura 6, percebe-se que houve variação na FR nos três grupos genéticos, com um decréscimo dessa variável nas últimas semanas, em função das alterações nas condições do ambiente térmico, principalmente pela variação observada para ITU e ITGU (Figura 3), que também diminuíram nos últimos dias de registro dos dados experimentais.

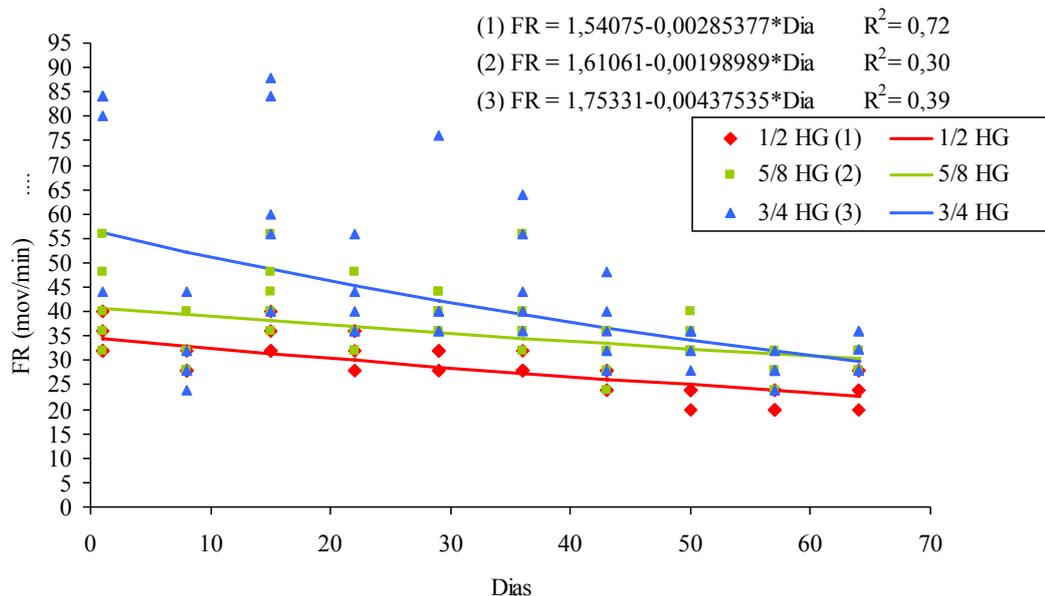


Figura 6. Frequência respiratória (FR) de vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 HG em função dos dias experimentais.

Comparando-se as médias de FR iniciais e finais estimadas pela equação de regressão, verifica-se que ocorreu redução de 12, 11 e 26 movimentos respiratórios por minuto para as vacas 1/2, 5/8 e 3/4 HG, respectivamente. O maior decréscimo na FR,

observado para as vacas 3/4 HG, evidencia que no período mais estressante (ITU e ITGU mais elevados) esses animais necessitaram ativar o sistema termorregulatório, mediante o aumento na FR, para manutenção do equilíbrio térmico. Azevedo et al. (2005) também verificaram aumento da FR de vacas 7/8 HZ, em comparação aos animais 1/2 e 3/4 HZ, quando foi observada elevação nas médias de ITU.

As vacas 1/2 HG apresentaram melhor equilíbrio para efetuar termorregulação em comparação aos outros dois grupos, tanto pelas médias de FR mais baixas como pela menor dispersão dos valores registrados dessa variável, demonstrando uma menor necessidade de utilização do sistema respiratório para dissipação de calor, pelos animais com maior composição genética da raça zebuína. Certamente, esse resultado se deve à maior eficiência do grupo 1/2 HG para dissipar calor por sudorese, que apresentaram as maiores médias para T_{sud} (Tabela 3).

Foram constatadas diferenças significativas ($P < 0,05$) para a média de TE das vacas 1/2 HG ($32,9^{\circ}\text{C}$), valor mais baixo comparativamente aos grupos genéticos 5/8 e 3/4 HG ($34,1^{\circ}\text{C}$ e $34,4^{\circ}\text{C}$, respectivamente), que não apresentaram diferenças entre si (Tabela 3). Enquanto para a TSP não foram observadas diferenças estatísticas ($P < 0,05$) entre os três grupos genéticos. Existe um gradiente térmico no organismo, sendo a temperatura mais elevada no núcleo, diminuindo até a periferia, ou seja, pele e pelos (Baccari Jr., 2001). A temperatura corporal profunda responde suavemente as alterações ambientais, enquanto as TE e TSP variam bastante em função das oscilações do ambiente térmico (Maia et al., 2005; Ferreira et al., 2006).

Bovinos criados a pasto ganham grande quantidade de calor por radiação direta ou indireta, sendo importante a habilidade de perder calor para a manutenção da temperatura em equilíbrio (Silva et al., 2008). Sob pastejo, o padrão comportamental do animal, dependendo da temperatura do ar, da umidade, do fluxo do ar e, principalmente, da radiação solar, pode ser fortemente afetado. De acordo com Pires & Campos (2003), existem períodos do dia em que todos os animais estão pastejando e outros em que só uma parte dos animais pastejam. Borges (2010), observando o comportamento a pasto, no verão, dos mesmos grupos genéticos avaliados no presente estudo, verificou que as vacas 3/4 HG permaneceram mais tempo na sombra ($P < 0,05$) quando comparadas ao grupo 1/2 HG, enquanto os animais do grupo 5/8 HG não diferiu dos demais. Sendo que nos horários mais estressantes do dia, cerca de 80% dos animais estavam na sombra.

Essas alterações no comportamento de vacas sob pastejo podem ter interferido na expressão do potencial genético dos animais, não ocorrendo, dessa forma, diferenças entre os valores médios para TSP entre os grupos genéticos. Além disso, o experimento foi realizado na época chuvosa. O aumento das chuvas e a nebulosidade, comuns nesse período, reduzindo a intensidade da radiação solar, devem ter favorecido para os animais permanecerem em pastejo por mais tempo.

Azevedo et al. (2005) observaram médias para TSP de 35,3°C, 34,3°C e 34,8°C para vacas 1/2 HZ, 3/4 HZ e 7/8 HZ, respectivamente, em período de inverno, em Minas Gerais. As médias verificadas pelos autores foram maiores que os valores observados nesse trabalho, 31,8°C, 32,8°C e 32,6°C (Tabela 3) para os grupos genéticos 1/2 HG, 5/8 HG e 3/4 HG, respectivamente. A diferença observada entre os resultados daqueles autores e os encontrados no presente trabalho, provavelmente, deve-se às diferenças entre as duas regiões onde cada pesquisa foi realizada. Na Zona da Mata de Pernambuco o inverno é chuvoso, enquanto em Minas Gerais o inverno é seco.

A TE que reflete a sensação de conforto ou estresse dos animais também pode ser um indicador de tolerância ao calor (Costa e Silva et al., 2010) e vem sendo utilizada por alguns pesquisadores associada com outros parâmetros fisiológicos como indicativo de estresse térmico em bovinos (Cappa et al., 1989; Martello et al., 2004; Costa e Silva et al. 2010).

De acordo com Scharf et al. (2008), a TE pode ser usada como um indicador da atividade de sudorese em bovinos. Com o aumento das perdas evaporativas, boa parte do calor é removida da epiderme por vaporização, de forma que o sangue que circula pelas superfícies corporais torna-se mais refrigerado (Baêta & Souza, 2010). Dessa forma, a diferença encontrada para TE (Tabela 3) das vacas 1/2 HG (32,9°C), valor mais baixo que as médias dos animais 5/8 e 3/4 HG (34,1°C e 34,4°C, respectivamente), que não diferiram entre si, pode ser atribuída à melhor eficiência da termólise evaporativa cutânea do grupo de animais com maior proporção da raça zebuína.

CONCLUSÕES

O ambiente térmico influencia as respostas fisiológicas de vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 HG.

Vacas Girolando 1/2 HG apresentam maior tolerância ao calor que os animais 5/8 e 3/4 HG, com as vacas 3/4 demonstrando maior sensibilidade, em comparação aos três grupos genéticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal Dairy Science**, v. 77, n.8, p. 2044-2050, 1994.
- AZEVEDO, M.; PIRES, M.F.A.; SATURNINO H.M. et al. Estimativa de níveis críticos superiores de índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras ½, ¾ e 7/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n.6, p. 2000-2008, 2005.
- BACCARI Jr., F. **Manejo Ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142p.
- BAETA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em Edificações Rurais – Conforto Animal**. 2ª Ed. Viçosa: Editora da UFV. 2010. 269p.
- BEEDE, D.K.; MALLONEE, P.G.; SCHNEIDER, P.L. et al. Potassium nutrition of heat-stressed lactating dairy cows. **South African Journal Animal Science**, v.13, n.3, p.198-200, 1983.
- BORGES, C.R.A. **Comportamento de vacas da raça Girolando, confinadas ou a pasto, no estado de Pernambuco**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010. 50f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A; CANTON, G.H. et al. Black Globe-Humidity Index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n.3, p. 711-714, 1981.

CAPPA, V.; VAZHAPILLY, P.; MAIANTI, M.G. et al. Effect of environmental variations (microclimate) on the performance of dairy cows. **Scienza e Tecnica Latiero-Casearia**, v.40, n.2, p.98-115, 1989.

CARVALHO, F.A.; LAMMOGLIA, M.A.; SIMÕES, M.J. et al. Breed affects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress. **Journal Animal Science**, v.73, n.12, p.3570-3573, 1995.

COSTA e SILVA, E.V.; KATAYAMA, K.A.; MACEDO, G.G. et al. Efeito do manejo e de variáveis bioclimáticas sobre a taxa de gestação em vacas receptoras de embriões. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v.11, n.2, p.280-291, 2010.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: **Diagnóstico do Município de Paudalho Estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/pernambuco/relatorios/PAU115.pdf>

ESMAY, M.L. Principles of animal environment. Westport: **The AVI Publishing Company**, 1979. 325 p. (Environmental Engineering in Agriculture and Food Series).

FACÓ, O.; LOBO, R.N.B.; MARTINS FILHO, R. et al. Idade ao primeiro parto e intervalo de parto de cinco grupos genéticos Holandês X Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1920-1926, 2005.

FERREIRA, F.; PIRES, M.F.A.; MARTINEZ, M.L. et al. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p. 732-738, 2006.

FERREIRA, F.; CAMPOS, W.E.; CARVALHO, A.U. et al. Taxa de sudação e parâmetros histológicos de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina veterinária e Zootecnia**, v.61, n.4, p.763-768, 2009.

- FINCH, V.A. Comparison of non-evaporative heat transfer in different cattle breeds. **Journal Agricultural Research**, v.36, n.4, p.497-508, 1985.
- GEBREMEDHIN, K.G.; WU, B. Simulation of sensible and latent heat losses from wet-skin surface and fur layer. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v.27, n.4, p.291-297, 2002.
- HAHN, G.L.; PARKHURST, A.M.; GAUGHAN, J.B. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. **Transactions of the ASAE**, v.40, n.6, p.97-121, 1997.
- HANSEN, P.J. Physiological and cellular adaptations of Zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, v.82-83, n.1, p.349-360, 2004.
- KELLY, C.F.; BOND, T.E. Bioclimatic factors and their measurements. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, ed. **A guide to environmental research on animals**. Washington: National Academy of Science, 1971. p.71-92.
- KENDAL, P.E.; NIELSON, P.P.; WEBSTER, J.R. et al. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. **Revista Livestock Science**, v.103, n.1, p.148-157, 2006.
- McDOWELL, R.E. **Bases biológicas de la producción animal em zonas tropicais**. Zarazoga: Editora Acribia, 1975. 687p.
- MAIA, A.S.C.; SILVA, R.G.; LOUREIRO, C.M.B. Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. **International Journal Biometeorology**, v.50, n.1, p.17-22, 2005.
- MARTELLO, L.S.; SAVASTANO Jr., H; SILVA, S.L. et al. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.181-191, 2004.

NÄÄS, I.A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Editora Ícone. 1989. 183p.

NÄÄS, I.A.; ARCARO Jr., I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p.139-142, 2001.

NATIONAL WEATHER SERVICE – Central Region. **Livestock Hot Weather Stress**. Letter C-31-76, 1976.

PIRES, M.F.A.; CAMPOS, A.T. Relação dos dados climáticos com o desempenho animal. In: RESENDE, H.; CAMPOS, A.T.; PIRES, M.F.A. (Orgs.). **Dados climáticos e sua utilização na atividade leiteira**, 1 ed., Juiz de Fora: CNPGL, v.1, 2003. 250p.

PIRES, M.F.A.; AZEVEDO, M.; SATURNINO, H.M. Adaptação de animais mestiços em ambiente tropical. **Informe Agropecuário**, v.31, n.258, p.30-38, 2010.

ROCHA, D.R. **Avaliação de estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus* X *Bos indicus*) criadas em clima tropical quente úmido no estado do Ceará**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2008. 67p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, 2008.

SCHARF, B.; MAX, L.E.; AIKEN, E. et al. Regional differences in sweat rate response of steers to short-term heat stress. **International Journal Biometeorology**, v.52, n.8, p.725-732, 2008.

SCHLEGER, A. V.; TURNER, H. G. Sweating rates of cattle in the field and their reaction to diurnal and seasonal changes. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.16, n.1, p.92-106, 1965.

- SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, n.1, p.1-18, 2000.
- SILVA, R.G. **Introdução à Bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.
- SILVA, R.G. **Biofísica Ambiental: os animais e seu ambiente**. São Paulo: FUNEP, 2008. 306p.
- SILVA, R.G.; STARLING, J.M.C. Evaporação cutânea e respiratória em ovinos sob altas temperaturas ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1-6, 2003.
- SOUSA Jr., S.C.; MORAIS, D.A.E.F.; VASCONCELOS, A.M. et al. Características termorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos em diferentes épocas do ano em Região Semi-Árida. **Revista Científica de Produção Animal**, v.10, n.2, p.127-137, 2008.
- STOBER, M. Identificação, anamnese, regiões básicas da técnica do exame clínico. In: ROSEMBERG, (Ed.). **Exame Clínico dos Bovinos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. 419p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG**. Versão 9.1. Viçosa, MG, 2007. 142p.
- WEST, J.W. Physiological effects of heat stress on production and reproduction. In: TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 2002, Fort Wayne. **Proceedings...** Fort Wayne. M. D. Eastridge Ed., 2002. p. 1-9.

CAPÍTULO IV

**Níveis críticos de índices de conforto térmico para vacas da raça
Girolando mantidas em pastejo durante o período de inverno**

Níveis críticos de Índices de Conforto Térmico para vacas da raça Girolando mantidas em pastejo durante o período de inverno

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de estimar valores críticos superiores do índice de temperatura e umidade (ITU) e do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) para vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 Holandês-Gir (HG), em condição de pastejo, no período de inverno, baseando-se na temperatura retal (TR) e na frequência respiratória (FR). O experimento foi conduzido de junho a agosto de 2010, numa propriedade da Zona da Mata de Pernambuco. Os parâmetros TR e FR foram obtidos de um grupo de 15 vacas em lactação, sendo cinco animais de cada um dos grupos genéticos. O ambiente foi monitorado por meio de uma estação meteorológica automática e os dados das variáveis ambientais registradas foram utilizados na determinação dos índices de conforto térmico. Foram verificadas correlações significativas entre as variáveis ambientais e índices de conforto com TR e FR. Os resultados da análise de correlação evidenciaram ser a FR um indicador de estresse térmico melhor que a TR. Foram realizadas análises de regressão com ajustes de modelo para estimar níveis críticos de índices de conforto térmico. Os valores críticos de ITGU estimados com base na TR para vacas 1/2, 5/8 e 3/4 HG foram 84,7; 83,5 e 83,1, respectivamente. Baseando-se na FR, estimou-se valor crítico de ITGU igual a 86 para os animais 3/4 HG. Foram estimados, com base na FR, valores críticos de ITU iguais a 78,1 e 78,3 para os grupos genéticos 5/8 e 3/4 HG, respectivamente.

Palavras-Chaves: bovino, estresse térmico, frequência respiratória, temperatura retal

Critical levels of Thermal Comfort Index for cows breed Girolando under grazing in the winter

ABSTRACT

This research was carried to estimate the upper critical levels of the temperature-humidity index (THI) and the black globe temperature-humidity index (WBGT) for dairy cows from three genetic groups, 1/2, 5/8 and 3/4 Holstein-Gir (HG), under grazing in the winter period, based on rectal temperature (RT) and respiratory rate (RR). The trial was conducted from June to August 2010 on a property from Zona da Mata region of Pernambuco. The parameters RT and RR were obtained from group 15 dairy cows, five animals each genetic group. The environment was monitored by automatic weather station and data of environmental variables recorded were used to calculate thermal comfort indices. There were significant correlations between environmental variables and indices of comfort with RT and RR. Results showed that RR was more reliable than RT as an indicator of heat stress based on correlation analyses. Were taken regression analysis with adjustment model to estimate critical levels of thermal comfort indices. Based on RT the estimated upper critical levels of WBGT for 1/2, 5/8 and 3/4 HG dairy cows were 84.7, 83.5 and 83.1, respectively. Based on the RR was estimated critical value of WBGT of 86 for animals 3/4 HG. Were estimated, based on the RR, critical values of THI equal to 78.1 and 78.3 for the genetic group 5/8 and 3/4 HG, respectively.

Key Words: cattle, heat stress, rectal temperature, respiratory rate

INTRODUÇÃO

O estresse térmico é um importante fator que limita a expressão do potencial genético de vacas leiteiras criadas em ambiente de clima quente. A diminuição na produção de leite e os baixos índices reprodutivos de vacas produtoras de leite, durante o período quente do ano, são apontados como os grandes entraves enfrentados pelos produtores nas regiões tropicais e subtropicais do planeta (Kadzere, 2002).

O estresse pelo calor acontece quando a temperatura efetiva encontra-se acima da zona considerada de conforto térmico para aquela espécie, ocorrendo redução gradativa na eficiência dos processos responsáveis pela perda de calor corporal, com consequente aumento da frequência respiratória, da temperatura corporal e da sudorese (Baccari Jr., 2001). Segundo Garcia-Ispierto et al. (2006), os processos que o organismo utiliza para manter a homeotermia são responsáveis por afetar de forma negativa o desempenho dos bovinos, quando criados em ambientes com temperatura adversa.

O cruzamento de bovinos zebuínos com raças leiteiras especializadas de origem europeia é muito utilizado, pois a espécie *Bos indicus* é mais adaptada a climas quentes que bovinos de origem europeia, pela maior capacidade desses animais de perder calor para o ambiente, pela produção de calor metabólico mais baixo, ou pela combinação de ambos (Hansen, 2004).

Na atualidade, boa parte do rebanho leiteiro brasileiro é composta por animais da raça Girolando, que têm mostrado excelente desempenho e boa adaptabilidade ao clima tropical, sendo responsáveis por grande percentual da produção de leite do País (Facó et al., 2005). No entanto, as diferenças na composição genética entre os grupos que compõem a raça Girolando podem resultar em respostas fisiológicas ao estresse pelo calor, bastante variadas.

A temperatura retal e a frequência respiratória são muito usadas, de forma isolada ou associadas, na aferição das respostas do organismo animal ao estresse calórico e no desenvolvimento de índices de conforto térmico. Para evitar a hipertermia os bovinos utilizam os mecanismos adaptativos de termorregulação, como o aumento da FR para dissipar calor por evaporação (Baccari Jr., 2001).

Os índices de conforto térmico possibilitam avaliar o conforto térmico de um determinado ambiente (Silva et al. 2007), descrevendo com maior precisão os efeitos

ambientais sobre a capacidade dos animais em dissipar calor (West, 2002). Entretanto, os valores críticos dos índices de conforto comumente utilizados foram obtidos em regiões de clima temperado, baseando-se em informações verificadas a partir de observações realizadas em animais de origem europeia. Azevedo et al. (2005) estimaram em condições de campo, no Brasil, valores críticos superiores de ITU igual a 79, 77 e 76, com base na FR, e de 80, 77 e 75, levando em consideração a TR, para vacas leiteiras Holandês-Zebu 1/2, 3/4 e 7/8, respectivamente.

Dessa forma, esta pesquisa foi realizada com o objetivo de estimar valores críticos do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e do índice de temperatura e umidade (ITU) para vacas em lactação, de três grupos genéticos da raça Girolando (1/2, 5/8 e 3/4 HG), mantidas em pastejo, no período de inverno, com base nos parâmetros fisiológicos temperatura retal e frequência respiratória.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma propriedade comercial de produção de leite, Fazenda Avimalta, localizada em Paudalho – PE. O município situa-se na zona da Mata de Pernambuco, Microrregião da Mata Setentrional, a 70m de altitude com 7°54' de latitude sul e 35°8' de longitude oeste. O índice pluviométrico da região é de 1634,2 mm e a prevalência de chuvas se dá nos meses de março a julho. As temperaturas máximas e mínimas ocorrem nos meses de dezembro e julho, respectivamente. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é o As' - tropical úmido com verões quentes (CPRM, 2005).

Os dados foram registrados entre junho e agosto de 2010, durante 10 semanas consecutivas. A adaptação dos animais ao manejo e a aferição das medidas fisiológicas antecederam em 15 dias o início da fase experimental. Foram utilizadas 15 vacas em lactação, da raça Girolando registradas, com peso médio de 545 kg, sendo cinco vacas de cada um dos seguintes grupos genéticos: 1/2, 5/8 e 3/4 Holandês-Gir (HG). A produção média diária de leite dos animais foi de 12, 14 e 13,5 kg/leite/dia para as vacas 1/2, 5/8 e 3/4 HG, respectivamente. Os animais foram ordenhados duas vezes ao dia, às

4h e às 14h. A produção de leite de cada vaca foi registrada, nas duas ordenhas, por meio de controle leiteiro, realizado quinzenalmente pela própria fazenda.

Os animais utilizados no experimento foram mantidos em pastagens de capim tifton (*Cynodon sp.*), juntamente com todas as vacas em lactação da propriedade, em piquetes providos de bebedouros e cochos para sal mineral e uma área de sombreamento natural, proporcionado por diversas árvores de algaroba (*Prosopis juliflora*). Para facilitar a separação dos animais experimentais dos demais animais em lactação, no momento das ordenhas foi amarrada uma fita colorida no cabresto de cada vaca utilizada no experimento. Após cada ordenha, os animais recebiam uma ração suplementar, numa área coberta junto à sala de ordenha, à base de capim elefante picado, casca de mandioca e ração concentrada, que foi distribuída de acordo com a produção de leite de cada vaca e o manejo adotado na fazenda.

Os parâmetros fisiológicos temperatura retal (TR, °C) e frequência respiratória (FR, mov/min) foram registrados nos dois turnos, após as ordenhas, pela manhã, das 6h às 7h, e à tarde, das 15h às 16h, duas vezes por semana, durante as 10 semanas.

Após a ordenha os animais foram conduzidos até um curral de manejo onde permaneciam descansando por cerca de 30 minutos, para estabilização da frequência respiratória, procedendo-se em seguida a contagem dos movimentos respiratórios de cada vaca. A frequência respiratória foi mensurada pela contagem dos movimentos respiratórios no flanco dos animais, durante 30 segundos, e o valor encontrado multiplicado por dois para se obter o número de movimentos respiratórios/min. Em seguida, os animais passaram para um tronco de contenção individual (a entrada ocorreu ao acaso) para aferição da temperatura retal, obtida com auxílio de um termômetro clínico digital, escala de 32 a 42°C.

O ambiente foi monitorado continuamente por meio de uma estação meteorológica automática, instalada nas proximidades da área experimental. A estação foi programada para registrar a cada hora os dados referentes à temperatura do ar (Ta), umidade relativa do ar (UR), velocidade dos ventos (Vv), radiação solar global (Rs) e precipitação pluvial (PP), além do registro diário das mínimas e máximas de cada variável. Os dados registrados foram armazenados no Datalogger da estação e transferidos semanalmente para um computador. Foi instalado também, junto da estação, um globotermômetro para obtenção da temperatura de globo negro (Tgn), que

foi aferida a cada duas horas, nos dias em que foram feitos os registros dos parâmetros fisiológicos.

Foram calculadas as médias das variáveis ambientais (T_a , UR e V_v) utilizando-se os valores observados nos horários entre 6h e 7h (período da manhã) e entre 15h e 16h (período da tarde), dos dias em que foram avaliados os parâmetros fisiológicos dos animais, durante as dez semanas experimentais. O cálculo da média da T_{gn} foi feito com os valores aferidos nos horários entre 6 e 8h e entre 14 e 16h.

Todas as médias das variáveis climáticas registradas nos dias e horários de coleta dos dados foram utilizadas também na determinação dos índices de conforto térmico: ITU, ITGU e CTR.

A temperatura de globo negro registrada foi utilizada para calcular a carga térmica radiante (CTR) por meio da equação citada por Esmay (1979) e o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), segundo Buffington et al. (1981). O cálculo do ITU foi realizado pela equação proposta por Kelly & Bond (1971).

Foram realizadas análises de correlação de Pearson entre as variáveis ambientais e índices de conforto com os parâmetros fisiológicos, e análises de regressão com testes de ajuste de modelo visando estimar níveis críticos de índices de conforto térmico. Foram escolhidos os modelos de regressão que melhor representaram as variáveis analisadas, levando-se em consideração a significância do modelo, o coeficiente de determinação e a resposta biológica. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados por meio do SAEG versão 9.1, (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se pela análise da Tabela 1 que as médias de Ta (24,5°C) e Tmax (29,0°C) e principalmente a Ta no turno da tarde (27,0°C), estiveram acima da faixa de 4 a 24°C, considerada como de conforto térmico para vacas em lactação (Nääs, 1989), especialmente ao se considerar o valor médio para UR (81,5%), muito superior ao limite de 70% preconizado como valor máximo para conforto de bovinos leiteiros quando a Ta ultrapassa 24°C (Pires & Campos, 2003). O valor médio verificado para Tgn (30°C) também foi superior ao valor crítico de 29°C citado por Beede et al. (1983) como capaz de reduzir a ingestão de matéria seca e a produção leiteira de vacas da raça Holandês.

Tabela 1. Valores médios e variação dos elementos climáticos e índices de conforto térmico registrados nos dias e horários de avaliação dos parâmetros fisiológicos, pela manhã e à tarde, durante o período experimental

	MANHÃ		TARDE		MÉDIA GERAL
	Média	Variação	Média	Variação	
Ta (°C)	22,0	20,1-23,3	27,0	23,6-29,9	24,5
Tmax (°C)	29,0	24,4-31,8	29,0	24,4-31,8	29,0
Tmin (°C)	21,0	19,6-22,3	21,0	19,6-22,3	21,0
UR (%)	92,0	88,0-95,9	71,0	55,5-94,8	81,5
Tgn (°C)	27,0	23,5-31,5	33,0	25,5-38,0	30,0
Vv (m/s)	1,0	0,0-2,3	2,0	1,1-3,5	1,5
ITU	71,0	67,6-73,2	76,0	74,0-79,4	73,5
ITGU	76,0	72,7-80,7	82,0	75,2-86,9	79,0
CTR (W/m ²)	539,0	451,1-594,5	617,0	481,6-705,8	578,0

Ta – temperatura do ar; Tmax – temperatura máxima do dia; Tmin – temperatura mínima do dia; UR – Umidade relativa; Tgn – temperatura de globo negro; Vv – velocidade dos ventos; ITU – índice de temperatura e umidade; ITGU – índice de temperatura de globo negro e umidade; CTR – carga térmica radiante.

A precipitação pluviométrica registrada durante todo período experimental foi de 611 mm, sendo, no entanto, de 175 mm nos dias em que os parâmetros fisiológicos foram avaliados, distribuída da seguinte forma: 130 mm no mês de junho, 40,5 mm em julho e 175 mm em agosto.

A média da V_v de 1,5m/s encontra-se dentro da faixa de 1,3 a 1,9m/s, considerada como ideal para a criação dos animais domésticos (McDowell, 1975), enquanto a média de 578 W/m² para CTR, com amplitude máxima de 705,8W/m² (no turno da tarde) não foram favoráveis à manutenção do equilíbrio térmico dos animais. De acordo com Silva (2008), a CTR está relacionada com as trocas térmicas por radiação entre animal e ambiente, sendo desejável que esta variável apresente os menores valores possíveis. Os animais, no presente estudo, estiveram expostos à radiação direta pela condição de pastejo que foram submetidos.

A variação do ITU durante o período experimental foi de 67,6 a 73,2 no turno da manhã e de 74,0 a 79,4 no turno da tarde (Figura 1). O valor médio igual a 73,5 verificado caracteriza estresse ameno, de acordo com a classificação de Armstrong (1994), para animais da raça Holandês, que considerou ITU entre 72 e 78 como estresse brando ou ameno; de 79 a 88, estresse moderado; entre 89 e 98, estresse severo, e valores acima de 98 são considerados como situação de perigo, associado à morte no rebanho. Verifica-se, pela avaliação da Figura 1, que no turno da tarde, como era de se esperar, houve maior incremento no valor de ITU, reflexo principalmente da elevação da temperatura do ar (Tabela 1), que esteve acima da faixa considerada como sendo de conforto para vacas em lactação.

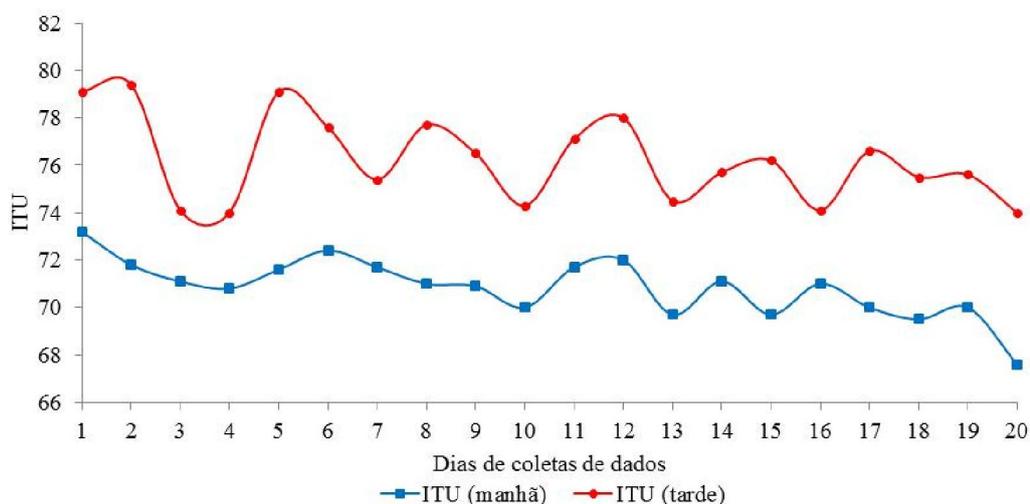


Figura 1. Variação do índice de temperatura e umidade (ITU) nos dias de coleta dos dados durante as dez semanas experimentais.

É importante ressaltar que os valores críticos para variáveis climáticas e índices de conforto térmico, na sua maioria, foram obtidos a partir de observações feitas em

regiões de clima temperado com bovinos leiteiros da espécie *Bos taurus*. Dessa forma, provavelmente os valores críticos dos índices de conforto para vacas Girolando sejam superiores aos verificados para animais de clima temperado, pois essa raça tem na sua formação a participação da raça Gir de origem zebuína, considerada mais termotolerante que os bovinos de origem europeia (Hansen, 2004). Azevedo et al. (2005) estimaram valores críticos superiores de ITU iguais a 79, 77 e 76 para vacas mestiças 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu, respectivamente, quando levou em consideração a frequência respiratória, e de 80, 77 e 75, com base na temperatura retal.

A variação observada para ITGU nos dois turnos foi de 72,7 a 80,7 pela manhã e de 75,2 a 86,9 no turno da tarde (Figura 2), mostrando-se elevada nos dois períodos do dia, especialmente no turno da tarde. Baseando-se nos valores de ITGU, preconizados para bovinos pelo National Weather Service – USA (1976), que considerou ITGU até 74 como condição de conforto; entre 75 e 78, como situação de alerta; de 79 a 84, como perigo, e acima de 85, como situação de emergência. O valor médio de ITGU igual a 79,0 e o máximo de 86,9 observados nesse estudo foram superiores aos limites da zona de conforto térmico preconizados para bovinos leiteiros, especialmente para os grupos genéticos com maior percentual da raça Holandês. A alta umidade verificada, consequência do período chuvoso, contribuiu para elevar os valores de ITGU, tornando o referido período como crítico para termorregulação, pela dificuldade de perda de calor latente.

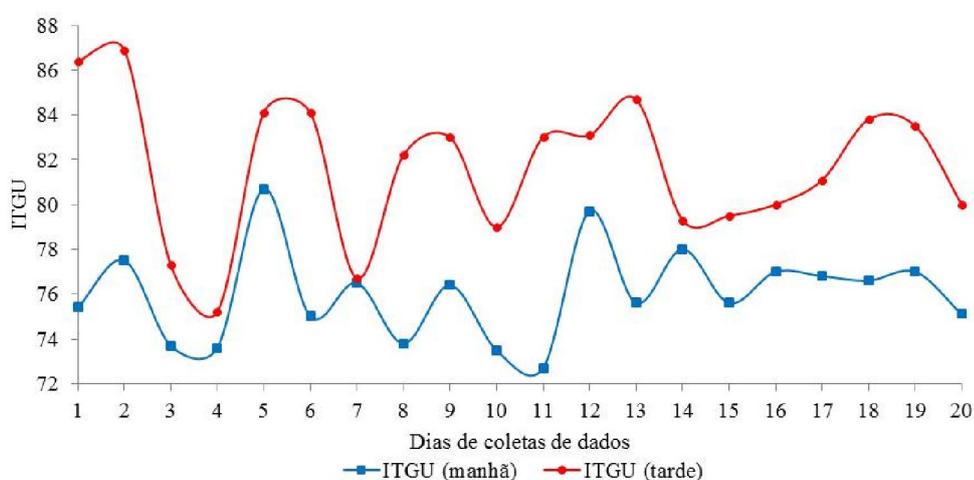


Figura 2. Variação do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) nos dias de coleta dos dados durante as dez semanas experimentais.

Foram verificadas correlações significativas ($P < 0,01$) entre as variáveis ambientais e índices de conforto térmico com os parâmetros fisiológicos TR e FR (Tabela 2). Temperatura ambiente, ITU e ITGU foram as variáveis que tiveram mais influência na termorregulação dos animais em virtude da correlação positiva de maior magnitude verificada tanto com FR quanto com TR, indicando que a elevação dessas variáveis climáticas dificultou o equilíbrio térmico dos animais, sendo esse efeito potencializado pela alta UR observada no período experimental, que esteve acima de 80% (Tabela 1), e apresentou correlação negativa com os parâmetros fisiológicos, ou seja, umidade elevada associada com Ta também acima do valor crítico foram desfavoráveis à manutenção da homeotermia das vacas, pela redução na dissipação de calor corporal para o ambiente. UR elevada torna o processo de perda de calor por evaporação ineficiente pela diminuição do gradiente de pressão de vapor de água entre o animal e o ambiente, reduzindo a capacidade do ar em absorver umidade (Gebremedhin & Wu, 2002).

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis climáticas, índices de conforto térmico e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Girolando

	Ta	UR	Tgn	Vv	ITU	ITGU	CTR
FR	0,6681**	-0,4612**	0,5877**	0,2688**	0,6748**	0,6017**	0,4626**
TR	0,4918**	-0,4055**	0,4153**	0,2707**	0,4935**	0,4229**	0,3798**

(**) - significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$);

Ta – temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$); UR – umidade relativa (%); Tgn – temperatura do globo negro ($^{\circ}\text{C}$); Vv – velocidade dos ventos (m/s); ITU – índice de temperatura e umidade; ITGU – índice de temperatura de globo negro e umidade; CTR – carga térmica radiante (W/m^2); FR – frequência respiratória (mov/min); TR – temperatura retal ($^{\circ}\text{C}$).

Os valores do coeficiente de correlação dos índices de conforto ITU e ITGU com FR foram maiores que aqueles obtidos da correlação dos mesmos índices com TR (Tabela 2). Resultado similar também foi verificado por Azevedo et al. (2005), que consideraram ser a FR um melhor indicador de estresse térmico que a TR.

A análise de regressão visando avaliar os efeitos do ITGU sobre a TR mostrou que o modelo quadrático ($P < 0,01$) foi o que melhor explicou as variações ocorridas nessa variável fisiológica, nos três grupos genéticos. Na Figura 3 estão apresentadas as regressões obtidas para as vacas 1/2 HG ($\text{TR} = 180,122 - 3,60617 \cdot \text{ITGU} + 0,0229055 \cdot \text{ITGU}^2$, $R^2 = 0,44$); para os animais 5/8 HG ($\text{TR} = 181,078 - 3,64995 \cdot \text{ITGU} + 0,023333 \cdot \text{ITGU}^2$, $R^2 = 0,43$), e para os 3/4 HG ($\text{TR} = 168,576 - 3,33862 \cdot \text{ITGU} + 0,0214111 \cdot \text{ITGU}^2$, $R^2 = 0,40$).

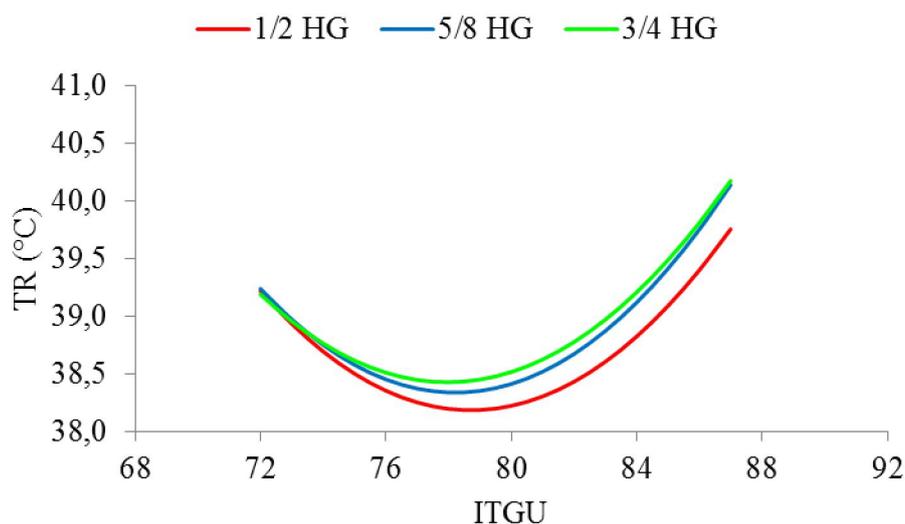


Figura 3. Temperatura retal (TR) de vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 HG em função do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU).

É possível verificar que a partir do valor de ITGU igual a 72 a TR dos três grupos genéticos reduziu com a elevação do ITGU até atingir o valor igual a 79, para as vacas 1/2 HG, e 78, para os grupos 5/8 e 3/4 HG. A TR expressa a quantidade de calor acumulado pelos animais durante determinado período. Portanto, essa resposta da temperatura em função do ITGU evidenciou a variação diária da TR, que apresenta ritmo circadiano ou nictemeral. Segundo Baccari Jr. (2001), a temperatura corporal é um evento biológico de ocorrência periódica que obedece a um ritmo que se repete a cada 24 horas, com a temperatura mínima ocorrendo entre 4 e 6h e a máxima entre 17 e 19h. A aferição da TR dos animais nesse estudo foi realizada pela manhã, entre 6 e 7h, e à tarde, entre 15 e 16h; portanto, o resultado verificado pode estar refletindo o ritmo diário dessa variável fisiológica.

Wrenn et al. (1961), em estudo com vacas prenhes, verificaram um padrão bifásico da TR, em que a menor TR dos animais registrada foi no horário das 10h25min. Bitman et al. (1984) também verificaram padrão bifásico da TR de vacas leiteiras, caracterizado por dois picos: elevação da meia-noite até o início da manhã (8h) e das 13h até às 20h. Pires et al. (2010) constataram ritmo monofásico da TR de vacas mestiças Holandês/Zebu, sendo observado um pico no turno da tarde e valores mais baixos pela manhã.

Nääs & Arcaro Jr. (2001) verificaram interação da TR de vacas leiteiras com o horário durante o dia, sendo que os maiores valores da variável fisiológica foram observados no período da tarde. Baccari et al. (1979) apud Baccari Jr. (2001) também observaram que a TR de bovinos, em condição de neutralidade, apresentou maior correlação com a hora do dia do que com a temperatura do ar, ou seja, a temperatura corporal se elevou mais em função do metabolismo animal.

A referência fisiológica de TR para bovinos, segundo Stober (1993), está entre 38 e 39°C, e de acordo com West (2002), o valor de TR igual a 39,2°C pode ser considerado como indicativo de estresse térmico. Foi verificada TR igual a 39,2°C nesse estudo em ITGU 85,4; 84,3 e 84,0 para os grupos genéticos 1/2, 5/8 e 3/4 HG, respectivamente. Esse resultado evidencia que as vacas 1/2 HG dissiparam melhor o calor corporal que os animais com maior grau de sangue Holandês, indicando maior capacidade de termorregulação desse grupo genético.

A TR de 39°C foi atingida em ITGU igual a 84,7 para os 1/2 HG, e ITGU 83,5 e 83,1 para os grupos genéticos 5/8 e 3/4 HG, respectivamente. Esses valores de ITGU podem ser considerados como críticos para os três grupos genéticos. Pode-se inferir que a classificação preconizada pelo National Weather Service (1976), que considera valor de ITGU entre 79 a 84 como uma situação de perigo, não é adequada para avaliar o conforto térmico dos animais no presente estudo.

Morais et al. (2008) verificaram elevação da TR de vacas leiteiras nas épocas do ano em que o ITGU se apresentou mais elevado, resultando em aumento da FR e diminuição dos hormônios tireoideanos, indicando, segundo os autores, uma correlação entre essas variáveis e o esforço dos mecanismos homeostáticos para manter o equilíbrio térmico dos animais.

Pela análise de regressão constatou-se que o modelo quadrático ($P < 0,01$) foi o que melhor se ajustou para representar as variações da FR em função do ITGU. Na Figura 4 estão apresentados os gráficos das equações de regressão dos três grupos genéticos: para os animais 1/2 HG ($FR = 1135,44 - 28,7945 \cdot ITGU + 0,186724 \cdot ITGU^2$, $R^2 = 0,24$); para as vacas 5/8 HG ($FR = 1407,63 - 36,4688 \cdot ITGU + 0,241009 \cdot ITGU^2$, $R^2 = 0,54$) e para o grupo 3/4 HG ($FR = 1290,35 - 33,7297 \cdot ITGU + 0,225863 \cdot ITGU^2$, $R^2 = 0,49$).

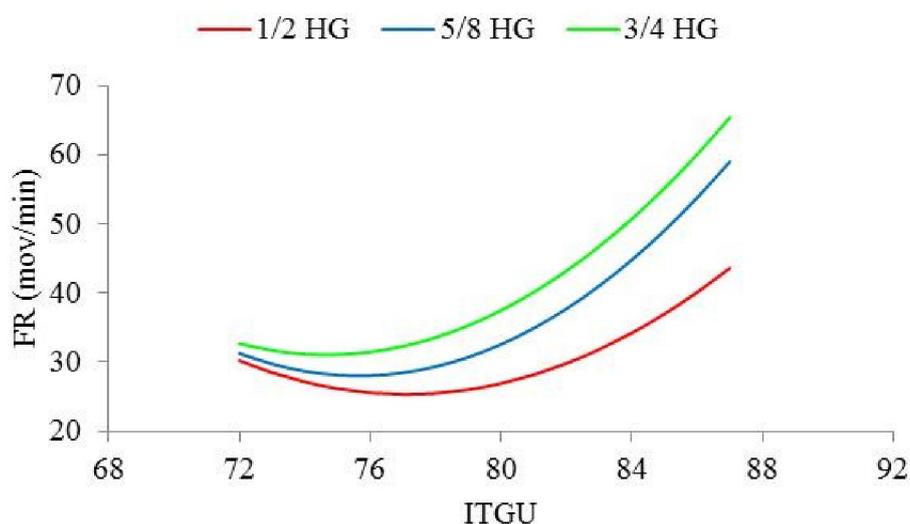


Figura 4. Frequência respiratória (FR) de vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 HG em função do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU).

Acompanhando as reduções que ocorreram na TR dos três grupos genéticos, a FR decresceu a partir do ITGU 72 até valores de ITGU iguais a 77, 76 e 75 para as vacas 1/2, 5/8 e 3/4 HG, respectivamente. A partir do ITGU 78, para os animais 1/2 HG e ITGU 77, e 76 para os grupos 5/8 e 3/4 HG, respectivamente, a FR passou a aumentar acompanhando a elevação do ITGU. Pela observação da Figura 4 verifica-se que a elevação na FR ocorreu em ITGU mais baixo que os valores de ITGU observados quando a TR também aumentou (80 para os animais 1/2 HG e 79 para os grupos 5/8 e 3/4 HG), evidenciando o uso da termólise respiratória para a dissipação de calor para a manutenção da homeotermia, como prevenção da elevação na TR antes que o ITGU atinja o nível crítico (Morais et al., 2008).

Os valores normais de FR para bovinos situam-se entre 24 e 36 mov/min (Stober, 1993), e de acordo com Hanh et al. (1997), a FR de 60 mov/min é indicativo de ausência de estresse pelo calor ou que este é mínimo. Foi verificada FR média de 26,74 ($\pm 2,8$) mov/min para os animais 1/2 HG; 31,54 ($\pm 4,6$) mov/min e 36,0 ($\pm 5,5$) mov/min para as vacas 5/8 e 3/4 HG, respectivamente, ou seja, valores dentro dos limites fisiológicos. Dessa forma, de acordo com as equações estimadas pela análise de regressão, constata-se (Figura 4) que no ITGU igual a 86 para o grupo genético 3/4 HG foi observado FR igual a 60 mov/min, sendo, portanto, esse valor de ITGU considerado crítico para o respectivo grupo. Dentro da variação de ITGU, verificada durante o período experimental, não se observou valor desse índice de conforto que fosse crítico

para os animais dos grupos genéticos 1/2 e 5/8 HG. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de as vacas com maior proporção de sangue zebuino apresentar maior tolerância ao calor (Hansen, 2004), ou ainda de terem dissipado melhor o calor corporal por meio de outra via de termólise, como a sudorese. Ferreira et al. (2009) verificaram relação inversa entre taxa de sudação e FR de bovinos mestiços 1/2 Holandês/Zebu, ou seja, os animais com evaporação cutânea mais acentuada apresentaram médias de FR mais baixas.

A adaptação dos zebuínos ao clima tropical possibilitou a esses animais mecanismos de termorregulação mais eficiente, pois de acordo com Carvalho et al. (1995), animais *Bos indicus* nascidos no Brasil apresentaram FR média de 15 mov/min, enquanto os animais da espécie *Bos taurus* a FR média foi de 35 mov/min, para animais nascidos no Brasil e de 64 mov/min para os bovinos importados, evidenciando, segundo os autores, a adaptação dos animais ao ambiente ao qual são submetidos.

A análise de regressão visando estimar valores críticos de ITU em função da TR não foi possível em virtude dos baixos índices do coeficiente de determinação (R^2) encontrados nas equações estimadas para os três grupos genéticos. Contudo, a estimativa de equações de regressão para avaliar os efeitos do ITU sobre a FR foi realizada, comprovando mais uma vez, como já mencionado, ser a FR um melhor indicador de estresse térmico que a temperatura retal (Azevedo et al., 2005).

O teste de ajustes de modelos mostrou que o modelo quadrático ($P < 0,01$), para os três grupos genéticos, foi o que melhor explicou as variações da FR em função do ITU. A Figura 5 representa graficamente as equações de regressão, sendo ($FR = 1409,27 - 38,7595*ITU + 0,271323*ITU^2$, $R^2 = 0,34$) para os animais 1/2 HG; ($FR = 5291,51 - 145,109*ITU + 1,00025*ITU^2$, $R^2 = 0,72$) para as vacas 5/8 HG; e ($FR = 2778,89 - 77,3680*ITU + 0,544692*ITU^2$, $R^2 = 0,53$) para o grupo genético 3/4 HG.

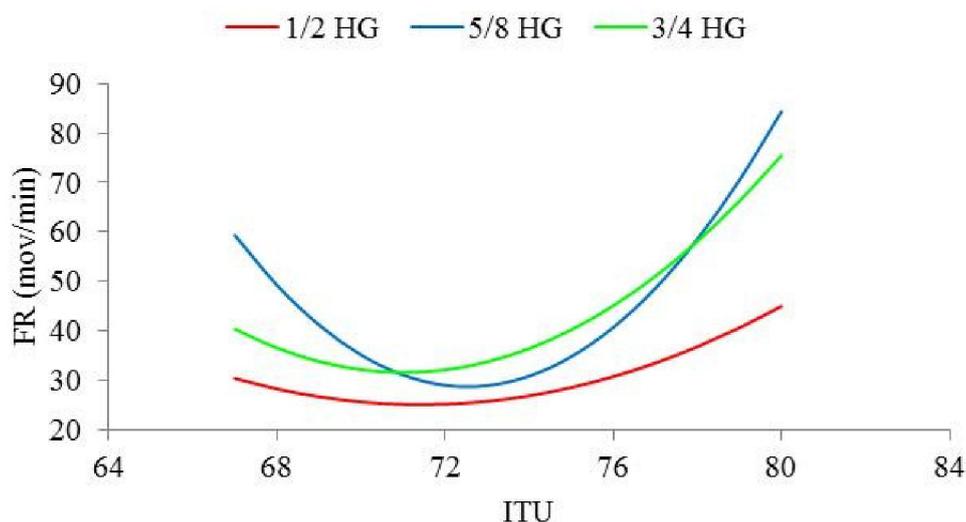


Figura 5. Frequência respiratória (FR) de vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 HG em função do índice de temperatura e umidade (ITU).

Pela análise da Figura 5 pode-se observar que houve uma queda nos valores da FR dos três grupos a partir de ITU igual a 67 até o valor de ITU 71, para os animais dos grupos 1/2 e 3/4 HG, e ITU igual a 73, para os animais 5/8 HG. Nos animais do grupo 1/2 HG, o comportamento da FR ao longo do período experimental mostrou-se mais equilibrado, tanto pelos valores médios mais baixos quanto pela menor oscilação verificada no período. Entretanto, foi o grupo em que o coeficiente de determinação foi mais baixo ($R^2 = 0,34$), ou seja, apenas 34% das variações ocorridas na FR do grupo podem ser explicadas pela elevação do ITU. Provavelmente a maior termotolerância desse grupo genético, demonstrada pela menor variação da FR, juntamente com outros fatores ambientais e fisiológicos, expliquem o restante das variações na frequência respiratória.

Para as vacas 5/8 HG, constatou-se que no ITU 67 a FR (59,33 mov/min) foi a mais elevada dos três grupos, acompanhando em seguida o decréscimo observado nos outros grupos. Em ITU igual a 70,8, foi verificado, para as vacas 5/8 HG FR igual a 31,6 mov/min, valor similar ao observado para os animais 3/4 HG. A partir desse ponto, a FR das vacas 5/8 foi ligeiramente inferior aos valores observados para os animais 3/4 HG, voltando a apresentar valores de FR semelhantes (58,0 mov/min) em ITU igual a 78. Desse valor de ITU em diante, os animais 5/8 H/G evidenciaram FR ligeiramente superior ao grupo 3/4 HG.

Em ITU igual a 78,1 para os animais 5/8 HG, e 78,3 para o grupo 3/4 HG, foi verificada FR de 60 mov/min, indicativo de ausência de estresse térmico (Hahn et al., 1997), podendo-se considerar esses valores como críticos para os respectivos grupos. Como já verificado em relação ao ITGU, não foi possível estimar valor crítico de ITU para os animais do grupo genético 1/2 HG. No valor de ITU máximo (79,4) observado no período experimental, verificou-se FR de 42,3 mov/min para esses animais (1/2 HG), confirmando a maior adaptabilidade desse grupo genético, que utilizou com menor intensidade a evaporação respiratória para dissipar calor.

Azevedo et al. (2005), baseando-se na FR, encontraram níveis críticos de ITU igual a 79, 77 e 76 para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês/Zebu. As diferenças verificadas entre os dois trabalhos devem-se, provavelmente, às condições de cada ambiente térmico. Os níveis críticos estabelecidos pelos autores foram baseados em observações de ITU obtidas tanto no período de inverno como também no verão, enquanto no presente estudo as observações foram feitas apenas no inverno. Além do mais, o inverno na Zona da Mata de Pernambuco é chuvoso, enquanto em Coronel Pacheco – MG (local onde os autores realizaram a pesquisa) o inverno é seco. Portanto, a condição do ambiente térmico naquela pesquisa deve ter sido muito mais estressante para os animais que a verificada no presente estudo. Também é importante considerar que a produção de leite dos animais utilizados por Azevedo et al. (2005) foi superior à produção dos animais desta pesquisa. Vacas leiteiras mais produtivas têm uma exigência nutricional maior e uma produção de calor metabólico mais intenso, conseqüentemente tornam-se mais sensíveis ao estresse pelo calor.

West et al. (2003), ao avaliarem a influência do ambiente térmico durante período de inverno sobre os parâmetros fisiológicos e produção de leite de vacas da raça Holandês, concluíram que as condições climáticas verificadas no período não tiveram muito efeito sobre o desempenho produtivo dos animais. Entretanto, Souza Jr. et al. (2008) verificaram FR de vacas mestiças, em período de inverno, na região Norte do Ceará, mais elevada que os valores de referência indicados na literatura. Para os autores, a maior concentração de vapor de água na atmosfera, em virtude do período chuvoso, dificultou a termólise evaporativa, tornando o período também estressante para os animais.

Embora tenham sido observados durante o período experimental valores para ITU (Figura 1) considerados estressantes para vacas em lactação, conforme Armstrong (1994), os resultados verificados nesta pesquisa evidenciam que as condições do ambiente térmico não ofereceram desafio suficiente, capaz de provocar estresse térmico nos animais com maior percentual genético da raça zebuína. Por outro lado, esse resultado pode também estar relacionado com a maior adaptação ao ambiente dos animais utilizados, provenientes de um rebanho que vem sendo selecionado há vários anos na mesma propriedade.

CONCLUSÕES

Os níveis críticos de ITGU para vacas lactantes 1/2 HG, 5/8 HG e 3/4 HG, tomando como referência a temperatura retal, são respectivamente 84,7; 83,5 e 83,1.

O nível crítico de ITGU para vacas lactantes 3/4 HG, tomando como referência a frequência respiratória, é 86.

Os níveis críticos de ITU para vacas lactantes 5/8 HG e 3/4 HG, tomando como referência a frequência respiratória, são respectivamente 78,1 e 78,3.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal Dairy Science**, v. 77, n.8, p. 2044-2050, 1994.
- AZEVEDO, M.; PIRES, M.F.A.; SATURNINO, H.M. et al. Estimativa de níveis críticos superiores de índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n.6, p. 2000-2008, 2005.
- BACCARI Jr., F. **Manejo Ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142p.
- BEEDE, D.K.; MALLONEE, P.G.; SCHNEIDER, P.L. et al. Potassium nutrition of heat-stressed lactating dairy cows. **South African Journal Animal Science**, v.13, n.3, p.198-200, 1983.
- BITMAN, N.J.; LEFCOURT, A.; WOOD, D.L. et al. Circadian and ultradian temperature rhythms of lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.67, n.5, p.1014-1023, 1984.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A; CANTON, G.H. et al. Black Globe-Humidity Index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n.3, p. 711-714, 1981.
- CARVALHO, F.A.; LAMMOGLIA, M.A.; SIMÕES, M.J. et al. Breed affects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress. **Journal Animal Science**, v.73, n.12, p.3570-3573, 1995.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: **Diagnóstico do Município de Paudalho Estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/pernambuco/relatorios/PAU115.pdf>

ESMAY, M.L. Principles of animal environment. Westport: **The AVI Publishing Company**, 1979. 325 p. (Environmental Engineering in Agriculture and Food Series).

FACÓ, O.; LOBO, R.N.B.; MARTINS FILHO, R. et al. Idade ao primeiro parto e intervalo de parto de cinco grupos genéticos Holandês X Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1920-1926, 2005.

FERREIRA, F.; CAMPOS, W.E.; CARVALHO, A.U. et al. Taxa de sudação e parâmetros histológicos de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina veterinária e Zootecnia**, v.61, n.4, p.763-768, 2009.

GARCÍA-ISPIERTO, I.F.; LÓPEZ-GATIUS, F.; SANTOLARIA, P. et al. Relationship between heat stress during the peri-implantation period and early fetal loss in dairy cattle. **Theriogenology**, v.65, n.4, p.799-807, 2006.

GEBREMEDHIN, K.G.; WU, B. Simulation of sensible and latent heat losses from wet-skin surface and fur layer. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v.27, n.4, p.291-297, 2002.

HAHN, G.L.; PARKHURST, A.M.; GAUGHAN, J.B. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. **Transactions of the ASAE**, v.40, n.6, p.97-121, 1997.

HANSEN, P.J. Physiological and cellular adaptations of Zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, v.82-83, n.1, p.349-360, 2004.

KADZERE, C.T.; MURPHY, M.R.; SILANIKOVE, N. et al. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v.77, n.1, p.59-91, 2002.

KELLY, C.F.; BOND, T.E. Bioclimatic factors and their measurements. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, Ed. **A guide to environmental research on animals**. Washington: National Academy of Science, 1971. p.71-92.

McDOWELL, R.E. **Bases biológicas de la producción animal em zonas tropicales**. Zarazoga: Editora Acribia, 1975. 687p.

MORAIS, D.A.E.F.; MAIA, A.S.C.; SILVA, R.G. et al. Variação anual de hormônios tereoidianos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.538-545, 2008.

NÄÄS, I.A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Editora Ícone. 1989. 183p.

NÄÄS, I.A.; ARCARO Jr., I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p.139-142, 2001.

NATIONAL WEATHER SERVICE – Central Region. **Livestock Hot Weather Stress**. Letter C-31-76, 1976.

PIRES, M.F.A.; CAMPOS, A.T. Relação dos dados climáticos com o desempenho animal. In: RESENDE, H.; CAMPOS, A.T.; PIRES, M.F.A. (Orgs.). **Dados climáticos e sua utilização na atividade leiteira**, 1 ed., Juiz de Fora: CNPGL, v.1, 2003. 250p.

PIRES, M.F.A.; AZEVEDO, M.; SATURNINO, H.M. Adaptação de animais mestiços em ambiente tropical. **Informe Agropecuário**, v.31, n.258, p.30-38, 2010.

- SILVA, R.G.; MORAIS, D.A.E.F.; GUILHERMINO, M.M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1192-1198, 2007.
- SILVA, R.G. **Biofísica Ambiental: os animais e seu ambiente**. São Paulo: FUNEP, 2008. 306p.
- SOUSA Jr., S.C.; MORAIS, D.A.E.F.; VASCONCELOS, A.M. et al. Características termorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos em diferentes épocas do ano em Região Semi-Árida. **Revista Científica de Produção Animal**, v.10, n.2, p.127-137, 2008.
- STOBER, M. Identificação, anamnese, regiões básicas da técnica do exame clínico. In: ROSEMBERG, (Ed.). **Exame Clínico dos Bovinos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. 419p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG**. Versão 9.1. Viçosa, MG, 2007. 142p.
- WEST, J.W. Physiological effects of heat stress on production and reproduction. In: TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 2002, Fort Wayne. **Proceedings...** Fort Wayne. M. D. Eastridge Ed., 2002. p. 1-9.
- WEST, J.W.; MULLINIX, B.G.; BERNARD, J.K. Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake and milk yield of lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.86, n.6, p.232-242, 2003.
- WRENN, T.R.; BITMAN, N.J.; SIYKES, J.F. Diurnal patterns of bovine body temperature. **Journal Dairy Science**, v.44, n.12, p.2077-2080, 1961.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção do conforto térmico e conseqüentemente do bem-estar animal são fundamentais para viabilizar sistemas sustentáveis de produção de leite nos trópicos. A seleção de animais que apresentem maior adaptação ao meio ambiente é uma estratégia importante que deve ser levada em consideração na escolha da raça a ser explorada.

Os animais com maior percentual genético da espécie *Bos indicus* apresentam maior eficiência na dissipação de calor, especialmente por meio da termólise evaporativa cutânea, demonstrando maior adaptabilidade às condições ambientais de temperatura e umidade elevada.

As pesquisas devem ser intensificadas no sentido de melhorar a produtividade dos grupos genéticos usados na formação da raça Girolando, sem, no entanto, comprometer a habilidade de termorregulação para que o conforto e o bem-estar do animal sejam preservados.

Modificações ambientais de baixo custo e eficientes que minimizem o ganho de calor ambiental e maximizem a dissipação de calor corporal devem ser incorporadas pelos criadores, visando reduzir o impacto dos elementos climáticos sobre os animais, principalmente para os grupos com maior composição genética da espécie *Bos taurus*.